

欧州における脳情報通信とバイオ ICT に係る
研究開発動向及び脳情報通信の倫理・安全面の
ガイドライン策定動向調査

調査報告書

NICT 欧州連携センター

2012 年 8 月 10 日

目次

序論	1
第 1 部 欧州における脳情報通信とバイオ ICT の研究開発動向	4
第 1 章 欧州における脳情報通信の研究開発動向	4
第 1 節 脳情報通信の定義	4
第 2 節 欧州連合の第 7 次枠組計画における脳情報通信の研究開発動向	5
FP7 作業プログラムにおける脳情報通信研究の位置づけ	5
FP7 における脳情報通信に関する研究プロジェクト事例	8
第 3 節 FP7 プロジェクト DECODER ワークショップ視察レポート	12
DECODER プロジェクトの概要	12
DECODER プロジェクトの基本コンセプト	13
ワークショップ概要	14
第 4 節 欧州諸国における脳情報通信の研究開発動向	16
英国	16
フランス	18
ヒアリング議事録：フランス / テレコム・ブルターニュ	20
ドイツ	24
ヒアリング議事録・ドイツ / ベルンシュタイン・フライブルグセンター ...	25
ヒアリング議事録：ドイツ / ユーリッヒ研究センター	29
オーストリア	37
オランダ	40
フィンランド	41
スイス	43
ヒアリング議事録：スイス / ローザンヌ連邦工科大学	44
スペイン	51
第 5 節 欧州脳委員会の活動動向	53
第 2 章 欧州におけるバイオ ICT の研究開発動向	55
第 1 節 バイオ ICT の定義	55
第 2 節 欧州連合の第 7 次枠組計画におけるバイオ ICT の研究開発動向	55
FP7 作業プログラムにおけるバイオ ICT の位置づけ	55
FP7 におけるバイオ ICT に関する研究プロジェクト事例	56
第 3 節 欧州諸国におけるバイオ ICT の研究開発動向及び研究事例	58
英国	58
フランス	59
スペイン	59
第 1 部のまとめ	59

第 2 部 欧州における脳情報通信の倫理・安全面のガイドライン策定取り組み動向	61
.....	61
第 1 章 欧州における脳情報通信の規制に関わる基本原則及び制度	61
の概略 — 基本原則及び EU 指令 —	61
第 2 章 欧州連合の脳情報通信の倫理・安全面のガイドライン策定	63
取り組み動向	63
第 1 節 欧州連合の第七次枠組計画における脳情報通信に関する倫理・安全面の	
問題への対応アプローチ	63
第 2 節 欧州連合の第七次枠組計画における脳情報通信の倫理・安全面に係るガ	
イドラインの事例 - DECODER プロジェクトの場合 -	64
DECODER プロジェクトにおける倫理・安全面のガイドラインの概略	64
第 3 章 欧州主要国における脳情報通信の倫理・安全面のガイドライン策定取組	
み動向	68
第 1 節 フランス	68
脳情報通信に関わる規制法及び関係機関	68
「科学的及び技術的選択の評価に関わる議会委員会」による報告書の概略 (『脳	
の研究及び治療に関わる最新技術の掛け金』)	70
ヒアリング議事録 / フランス / 神経学者エルベ・シュネヴェイス氏	71
第 2 節 ドイツ	75
第 2 部のまとめ	76
まとめ	78
資料：FP7 における脳情報通信とバイオ ICT 関連プロジェクトリスト	79

序論

現在、独立行政法人情報通信研究機構（以下、NICT という）において、脳情報通信とバイオ ICT の研究開発が実施されている。本報告書では、1) 欧州における脳情報通信及びバイオ ICT に関する研究開発動向、2) 脳情報通信の倫理・安全面でのガイドライン策定動向の 2 点について報告し、NICT における同研究の実施に際して参考になるようにしたい。以下に、調査目的及び問題意識について記す。

1) 脳情報通信とバイオ ICT の研究開発動向

欧州では、NICT と同じく、欧州連合（以下、EU という）の第 7 次枠組計画（以下、FP7 という）で、生物学、医学、神経科学の成果を ICT 部門へ応用し、両部門を融合させる研究に対して積極的に支援が行われており、また、欧州各国においても研究開発機関で同様の研究が実施されている。

FP7 は欧州各国で別々に実施されていた研究開発や各国の研究者を合流させることを目的とし、欧州の研究開発動向に多大な影響を与えている。FP7 では、2007 年の開始以来、脳情報通信及びバイオ ICT に関わる多くの研究プロジェクトが助成されている。例えば、脳情報通信の研究テーマの 1 つである BMI (Brain-Machine Interface) や BCI (Brain-Computer Interface) と呼ばれる技術の研究開発は、特に FP7 の ICT を障がい者の社会生活支援に応用する研究の公募枠で実施されており、BMI 技術に基づいて、運動障害の回復を支援する技術等の研究が行われている。その他、FP7 において、脳情報通信及びバイオ ICT の研究は、「FET (Future and Emerging Technology)」と呼ばれる長期・ハイリスク研究の枠組でも支援されており、ICT を将来的に新しい方向へと導くものと考えられている。FET においては、脳の神経回路を研究することによって、ICT システムの改善を狙う研究や、生体システムにおける化学プロセスを研究することによって、全く新しい情報プロセス技術をつくることを目指す研究が実施されている。また、2011 年～2012 年度の FP7 作業プログラムでは、クラウドコンピューティング等と同様に、脳情報通信に関しても、欧州外の研究機関、とりわけ、アメリカ及び日本の研究機関との提携が奨励されており、欧州の日本に対する関心が高いことが伺える。

欧州各国内でも、脳情報通信及びバイオ ICT の研究開発が進められており、例えば、スイスのローザンヌ連邦工科大学、フランスのテレコム・ブルターニュ、ドイツのユーリッヒ研究センター、フライブルグ大学等で同研究が実施されている。

2) 脳情報通信に関する倫理・安全面への配慮

脳情報通信は、ヒトを対象とする研究であるとともに、プライバシーの問題に深く関わる脳活動情報を解読することを前提としているので、実用化段階だけでなく、研究段階においても、倫理・安全面に配慮する必要がある。その際、生物医療研究の実

施に関わる既存の規制法やガイドライン、そして、医療や介護部門の情報システムのプライバシーやセキュリティに関わる既存の規制法等が参考になると考えられている。欧州は、実験被験者の保護、そして、プライバシーや個人情報の保護の問題に敏感である。例えば、1996年に欧州評議会（Council of Europe）は生物・医療研究における実験被験者の保護に関わる包括的な条約を採択し、インフォームド・コンセントの条件等について規定しており、EUは臨床試験指令によって、ヒトを対象とする生物・医療研究に関わるプロジェクトに対して、事前審査を行う体制を整備している。また、欧州では、EUの個人情報保護指令に基づき、各国内で個人情報保護法が整備されている。日本で脳情報通信の倫理・安全面のガイドラインを策定するにあたって、以上のように体制が整っている欧州の現状には参考になる点が非常に多い。

日本の技術を国際展開する上でも、欧州の状況を知ることは有益である。近年来、日本では脳情報通信研究に対して、非常に関心が高まっており、2011年にはNICT・ATR・大阪大学により「脳情報通信融合センター」が創設されている。また、総務省が中心となり、2010年4月から「脳とICTに関する懇談会」が開催され、研究開発の推進体制や留意点、倫理・安全面での課題について検討が行われ、2011年5月には最終取りまとめが発表されている。同取りまとめでは、脳情報通信の総合的な研究開発推進体制を確立すること、そして、NICTがその体制において重要な役割を担うことが明記されている。また、同取りまとめでは、研究開発にあたっての留意事項として、「脳情報通信研究を進めるに当たっては、目標の実現に向けた継続的な研究開発を行う必要があるが、その成果をどこでも誰でも使えるようにしつつ、かつ、我が国の国際競争力の向上に寄与するための配慮が必要である」と言われており、将来的な国際レベルでの普及・展開や国際標準化を念頭に置き、海外の動向を調査する必要性について示唆されている。

本調査では、以上のような欧州と日本の状況を踏まえ、欧州における脳情報通信とバイオICTの研究開発の動向と、脳情報通信の研究及び実用化に際して必要となる倫理・安全面のガイドライン策定動向について調べた。

調査項目

1) 欧州における脳情報通信とバイオICTの研究開発動向

○問題点：欧州において、脳情報通信及びバイオICT研究として、どのような研究開発体制が取られており、どのような研究が実施されているか

- ・ EUのFP7における研究開発体制と研究事例
- ・ 欧州諸国における研究開発体制と研究事例

2) 欧州における脳情報通信に係る倫理・安全面のガイドライン策定動向

○問題点：脳情報通信の研究の実施及び実用化には、同技術の性質上、倫理・安全面での配慮を行う必要があるが、欧州では、どのような問題が意識されており、どのような指針が取られているか、またどのように法整備が進められているか

- ・ EU及び欧州主要国（仏独）における法整備状況等

調査方法

刊行物及びインターネットを利用し、研究開発及び制度に関する情報を収集し、分析した。また、以上の調査手法を補うため、ヒアリング調査を行い、スイスのローザンヌ連邦工科大学、ドイツのユーヒッリ研究センターとベルンシュタイン・フライブルグセンター、フランスのテレコム・ブルターニュと神経学者エルベ・シュネヴェイス氏から意見をお伺いした。

注意事項

本報告書では、情報入手したウェブサイトの URL を参考のため注に載せているが、これらの記事はサイト運営者の都合で随時移動及び修正、削除される可能性がある。従って、本報告書の発表後、注に記された URL から情報源となった記事にアクセスできないことがありうることを、ここで前もって注記しておきたい。

最後に、本調査にあたっては、フランスの調査会社 ONOSO に多くの支援をいただいたことを紹介する。

調査支援組織情報

ONOSO

住所：2 Boulevard Anatole France, 92100, Boulogne-Billancourt, FRANCE

電話番号：01 46 03 06 53（フランス国外から: +33 1 46 03 06 53）

メールアドレス：k.ono@onosofr

担当：小野 浩太郎

第 1 部 欧州における脳情報通信とバイオ ICT の研究開発動向

第 1 部では、欧州において、脳情報通信及びバイオ ICT 研究のために、どのような研究開発体制が取られているか、またどのような研究が実際に実施されているのが問題となる。まず、第 1 章では脳情報通信の研究開発動向について扱い、第 2 章においてバイオ ICT の研究開発動向について扱う。

第 1 章 欧州における脳情報通信の研究開発動向

第 1 節 脳情報通信の定義

まず、欧州における脳情報通信（Brain ICT）という言葉の定義について記す。

日本における脳情報通信研究は、BFI、BMI、HHS、計測基盤技術という 4 つの研究に分かれている。

- ・ BFI（Brain-Function installed Information Network）：脳のネットワークを学び、新しいコンピューターネットワークをつくり出す研究
- ・ BMI（Braion-Machine Interfaice）：脳信号による機械の制御技術の開発。侵襲型、あるいは非侵襲型の計測技術を利用して、脳情報を計測し、それをコンピューターにつなぎ、機械の制御を行う。医療向けと非医療向けのアプリケーションが構想されている。
- ・ HHS（Heart to Heart Science）：主に脳の認知機能、コミュニケーション機能の研究
- ・ 計測基盤技術：脳活動情報を計測する技術：侵襲型と非侵襲型がある。侵襲型は主として医療向けに用いられるが、非侵襲型は医療向けにも、非医療向けにも用いられる。代表的な技術を挙げると、低侵襲型としては、脳皮質電図（Electrocorticography：ECoG）を計測する技術があり、非侵襲型としては、脳波（Electroencephalogram：EEG）を計測する技術や、脳磁計（Magnetoencephalography：MEG）、核磁気共鳴画像法（Magnetic Resonance Imaging：MRI）等がある。

欧州では、BMI という言葉は日本と同様な意味で頻繁に利用される。また、BCI（Brain-Computer Interface）という言葉も利用されることが多い。だが、BFI、HHS という言葉は殆ど使われておらず、HHS の場合、脳の認知機能の研究、あるいは脳のコミュニケーション機能の研究と単に呼ばれることが多い。BFI に関しては、EU の FP7 において、「脳に着想を得た ICT（Brain Inspired ICT）」と「神経と生物に着想を得た ICT（Neuro-bio-inspired ICT）」という公募枠で研究が実施されている。

第 2 節 欧州連合の第 7 次枠組計画における脳情報通信の研究開発動向

FP7 作業プログラムにおける脳情報通信研究の位置づけ

概観

EUのFP7 では、脳情報通信に関わる研究開発支援は主にICT部門で実施されているが、同技術は医療と関係が非常に深い面があるので、FP7 の健康部門でも、脳情報通信に関わるプロジェクト（特に脳の計測基盤技術の開発）が支援されている。

FP7 ICT 部門

EU の FP7 における ICT 部門では、2 年毎に公募要項を定めた作業プログラムが策定されており、現在までに、2007 年～2008 年度作業プログラム（以下、WP2007-2008 とする）、2009 年～2010 年度作業プログラム（WP2009-2010）、2011 年～2012 年度作業プログラム（WP2011-2012）が発表されている。2007 年のプログラム開始当初から、脳情報通信に関係する研究の支援がなされているが、日本の脳情報通信の定義である BFI、BMI、HHS の 3 つを包括するような分野の公募枠はなく、これらの研究開発支援は別々に実施されている。

特に、以下の 3 つの公募枠で、BFI、BMI、HHS の研究開発が実施されることが多い。

- a) ICTの未来・新興技術（以下、FET¹とする）：BFI、BMI、HHSの研究
- b) 障がい者等の社会生活支援向けの ICT 研究：BMI の研究
- c) 認知システムとロボット工学：HHS の研究

a) FET における脳情報通信研究の支援（BFI、BMI、HHS の研究）と予算

WP2007-2008、WP2009-2010、WP2011-2012 のどの作業プログラムにおいても、FETでは、生物科学とICTを融合させる研究支援がされている²。

« WP2007-2008 »

- 1) 公募タイトル：「バイオ・ICT 融合」（Objective ICT-2007.8.3: FET proactive 3: Bio-ICT convergence）
 - ・ 予算：2000 万ユーロ
 - ・ 公募内容：脳情報通信とバイオ ICT の研究と一緒に公募されており、広義の生物科学と ICT を融合した研究が募集されている。脳情報通信に関しては、BFI、BMI、HHS 分野の研究が募集される：生体内の情報処理プロセスの理解、もしくは生物のシステムと結合可能なシステムの研究開発（新しい計算パラダイムの構想、生物を模倣する人工物の開発、生体と電子機械を

¹ FET（Futur and Emerging Technology）は、長期の研究、ハイリスクの研究を支援する公募である。

² バイオ ICT 分野に入る「生化学に基づく情報技術」（Objective ICT-2009 8.3: FET Proactive 3: Bio-chemistry-based Information Technology (CHEM-IT)）に関しては、本報告書第 2 部で取り扱う。

繋ぐインターフェイスの開発、生体と ICT を結合させる人工物の開発等)

« WP2009-2010 »

1) 公募タイトル：「脳に着想を得た ICT」(Objective ICT-2009.8.8: FET proactive 8: Brain Inspired ICT)

- ・ 予算：1500 万ユーロ
- ・ 公募内容：BFI 分野の研究が募集される：脳の情報処理プロセスの理解とその知識の応用可能性

2) 公募タイトル：「人間とコンピューターの合流」(Objective ICT-2009.8.4: FET proactive 4: Human-Computer Confluence)

予算：1500 万ユーロ

公募内容：HHS 分野の研究が募集される：仮想空間における人間の知覚、行動、経験の新しい様態の研究

« WP2011-2012 »

1) 公募タイトル：「神経と生物に着想を得た ICT」(Objective ICT-2011 9.11: FET Proactive: Neuro-Bio-Inspired Systems (NBIS))

- ・ 予算：2300 万ユーロ
- ・ 公募内容：BFI 分野の研究が募集される：神経回路の理解、新しい計算パラダイムやモデルの構想のために神経科学と工学を接近させる。
- ・ この公募では欧州外の組織との提携が期待されており、特に米国と日本の組織との共同研究が促されている。

「バイオ・ICT 融合」で BFI と BMI の研究プロジェクトが公募されており、「脳に着想を得た ICT」と「神経と生物に着想を得た ICT」で BFI のプロジェクトが公募されている。また、「脳に着想を得た ICT」と「神経と生物に着想を得た ICT」では、スーパーコンピューター等を使用して、脳の情報処理プロセスを理解し、人工脳を製作する研究も募集されている。「FET：人間とコンピューターの合流」では、認知科学や神経科学等を合流させる学際的な研究が公募されている。

その他、長期・ハイリスク研究の支援を主眼とする FET では、テーマの範囲を広く設定してプロジェクトを募集する場合があるので、「FET オープン」(Objective ICT-2007.8.0: FET-Open) や、「最先端の発想への挑戦」(Objective ICT-2011.9.1: Challenging current Thinking)、「FET 若手研究者育成」(Objective ICT-2011.9.3: FET Young Explorers) でも、脳情報通信に関する研究プロジェクトが実施されている。

b) 障がい者等の社会生活支援向けの ICT 研究 (BMI の研究) と予算

BMI の研究に関しては、FET だけでなく、障がい者等の社会生活支援向け ICT 研究分野の公募枠で支援が積極的に実施されている。脳情報通信に関わるものとしては、実際に家庭等で利用可能な BMI 向け非侵襲型センサー機器や端末の研究開発が公募されている。

« WP2007-2008 »

- ・ 公募タイトル：「アクセス可能性と社会統合 ICT」(Objective ICT-2007.7.2: Accessible and Inclusive ICT)
- ・ 予算：4300 万ユーロ (BMI に関する研究予算だけではない)

« WP2009-2010 »

- ・ 公募タイトル：「アクセス可能性と社会支援 ICT」(Objective ICT-2009.7.2 Accessible and Assistive ICT)
- ・ 予算：3400 万ユーロ (BMI に関する研究予算だけではない)

« WP2011-2012 »

- ・ 公募タイトル：「スマートで、パーソナライズされた社会統合のための ICT」(Objective ICT-2011.5.5 ICT for smart and personalised inclusion)
- ・ 予算：3500 万ユーロ (BMI に関する研究予算だけではない)

c) 認知システムとロボット工学 (HHS の研究) と予算

HHS の研究に関しては、特に脳の認知プロセスの理解に関わる研究が認知システムとロボット工学の公募枠で支援されている。

« WP2007-2008 »

- ・ 公募タイトル：「認知システム、インタラクション、ロボット工学」(Objective ICT-2007.2.1 (ICT-2007.2.2): Cognitive Systems, Interaction, Robotics)
- ・ 予算：1 億 9300 万ユーロ (HHS に関する研究予算だけではない)

« WP2009-2010 »

- ・ 公募タイトル：「認知システムとロボット工学」(Objective ICT-2009.2.1: Cognitive Systems and Robotics)
- ・ 予算：1 億 5300 万ユーロ (HHS に関する研究予算だけではない)

« WP2011-2012 »

- ・ 公募タイトル：「認知システムとロボット工学」(Objective ICT-2011.2.1: Cognitive Systems and Robotics)
- ・ 予算：1 億 5500 万ユーロ (HHS に関する研究予算だけではない)

以上の他、「ネットワークメディアと 3D インターネット (ICT-2009.1.5 Networked Media and 3D Internet)」という公募枠でも、HHS 分野の研究プロジェクトが採用されている。

FP7 健康部門

FP7 の健康部門には、7 年間で約 61 億ユーロが助成される予定である。これは、ICT 部門 (約 91 億ユーロ) に次ぐ規模であり、欧州における同部門への関心の強さが伺える。同部門は、以下の 3 つの研究オリエンテーションから構成されている。

- a) 「人間の健康を目的とするバイオ工学、一般ツール、医療技術」
- b) 「人間の健康を目的とする実践に還元的な研究」
- c) 「欧州市民の健康管理手段の最適化」

脳情報通信に関わる技術としては、脳の計測基盤技術の開発プロジェクトが、a)「人間の健康のためのバイオ工学、一般ツール、医療技術」の中にある「検知・診断・モニタリング」という枠で募集されている。

計測基盤技術

「検知・診断・モニタリング」という公募枠では、非侵襲型の計測技術と最小限の低侵襲型計測技術の開発が目指されている。

« WP2008 »

- ・ 公募タイトル：ハイブリッド・イメージングシステムの開発
(HEALTH-2007-1.2-1: Development of a hybrid imaging system)
- ・ 予算：WP2008の「人間の健康のためのバイオ工学、一般ツール、医療技術」の公募全体には、2億3800万ユーロの予算が組まれている（各プロジェクトにつき、EUから最大600万ユーロの拠出金の見込み）
- ・ 公募内容：2つ以上の異なる生物医療イメージングシステムを結合させるシステムの開発（組み合わせ例：PETとMRI、MRIと超音波、超音波と光計測）

« WP2009 »

- ・ 公募タイトル：同時PET/MRIイメージングのためのMRと互換性のある新型PET検出器(HEALTH-2009-1.2-3: Novel MR-compatible PET detectors for simultaneous PET/MRI imaging)
- ・ 予算：WP2009の「人間の健康のためのバイオ工学、一般ツール、医療技術」の公募全体には、1億2000万ユーロの予算が組まれている
- ・ 公募内容：MRIとPETの同時撮影を最大限効果的なものにするPETとMRIの開発

FP7における脳情報通信に関する研究プロジェクト事例

FP7では、数多くの脳情報通信に関する研究プロジェクトが実施されている³。プロジェクトコーディネーター（プロジェクトのリーダー）として、プロジェクトに関わっている組織の出身国としては、英国やフランスは少なく、特にドイツが多く、スペイン、イタリア、ベルギー、オーストリアも多い。また、欧州以外からの参加では、イスラエルの組織が複数参加している。全予算が1000万ユーロを超える大型プロジェクトには、スイスのローザンヌ連邦工科大学が参加していることが多く、欧州の主要な研究機関の1つであることがわかる。以下に、全予算が1000万ユーロを超える

³ 本報告書末に、予算や研究期間等を記したプロジェクトのリストを収録したので、そちらも参考にしたい。

大型プロジェクトに関してのみ、プロジェクトの概要を記す。

BFI 及び人工脳研究関連

1)

タイトル名：人間脳プロジェクト
プロジェクト正式名称： Human Brain Project
プロジェクト略称： HBP
公募テーマ：ICT-2011.9.5 FET Flagship Initiative Preparatory Actions
プロジェクトコーディネーター：ローザンヌ連邦工科大学（スイス）
研究期間：2011年5月～2012年4月（12ヶ月）
全予算：1632万ユーロ
FP7 拠出金：1414万ユーロ
プロジェクト参加者：原子力・代替エネルギー庁（仏）、インスブルグ医科大学（オーストリア）、ヘブライ大学（イスラエル）、IMEC（ベルギー）、フォルティス（独）、ゲノム・リサーチ（英）、マドリッド工科大学（西）、パスツール研究所（仏）、スイス州立医療施設、カロリンスカ研究所（スウェーデン）、ユーリッヒ研究所（独）、ハイデルベルグ大学（独）
ウェブサイト： http://www.humanbrainproject.eu/index.html
研究内容：人間の脳を理解し、模倣することを目的とし、脳に関するあらゆる研究を統合して、巨大なデータベースと脳のコンピューターモデルを構築する。HBP では神経学者、医者、物理学者、数学者、コンピューターエンジニア、倫理学者が共同して研究を行う。このような研究の成果は社会への影響が大きく、ICT 部門や医療部門の発展に貢献する。

2)

タイトル名：神経の形態を持つハイブリッドシステムを利用する脳に着想を得たマルチスケール計算
プロジェクト正式名称： Brain-inspired multiscale computation in neuromorphic hybrid systems
プロジェクト略称： BRAINSCALES
公募テーマ：ICT-2009.8.8 脳に着想を得た ICT
プロジェクトコーディネーター：ハイデルベルグ大学（独）
研究期間：2011年1月～2014年12月（48ヶ月）
全予算：1117万ユーロ
FP7 拠出金：850万ユーロ
プロジェクト参加者：ボンペウ・ファブラ大学（西）、スウェーデン王立工科大学、ユーリッヒ研究所（独）、INRIA（仏）、CNRS（仏）、ローザンヌ連邦工科大学（ス

イス)、チューリッヒ大学 (スイス)、グラーツ工科大学 (オーストリア)、ドレスデン大学 (独)
ウェブサイト:
http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_RCN=11687633
研究内容: 生体内の実験と計算分析 (超高速スーパーコンピューターの利用) のアプローチを採用して、脳内の情報処理プロセスを理解することを目的とする。スイスのローザンヌ連邦工科大学のブルー・ブレインプロジェクトと結びつきを持つ。

BMI 関連

1)

タイトル名 : ブレインとコンピューターのインタラクション向けツール
プロジェクト正式名称 : Tools for brain-computer interaction
プロジェクト略称 : TOBI
公募テーマ : ICT-2007.7.2 アクセス可能性と社会統合 ICT
プロジェクトコーディネーター : ローザンヌ連邦工科大学 (スイス)
研究期間 : 2008 年 11 月 ~ 2013 年 1 月 (51 ヶ月)
全予算 : 1190 万ユーロ
FP7 拠出金 : 904 万ユーロ
プロジェクト参加者 : kreuznacher diakonie (独)、グラスゴー大学 (英)、ベルリン工科大学 (独)、サンタ・ルチーヤ財団 (伊)、ハイデルベルグ大学 (独)、チュービンゲン大学 (独)、クオリアイフ (スイス)、MEDEL (独)、SUVA (スイス)、グラーツ工科大学 (オーストリア)、ヴェツベルグ大学 (独)、AIAS (伊)
ウェブサイト : http://www.tobi-project.org/
研究内容 : 身体障がい者の生活の質とリハビリテーションの効果を改善するために、 EEG に基づく非侵襲型の BCI を利用する実践的なツールを開発する。応用テーマとしては、コミュニケーションの補助、身体動作の補助 (ロボット等の遠隔操作も含む)、エンターテイメント (ビデオゲームの操作)、運動能力回復のトレーニングが目指される。

☆ TOBIプロジェクトのプロジェクトコーディネーターであるローザンヌ連邦工科大学でヒアリング調査を行い、本報告書第1部第1章第4節のスイスの項に、そのヒアリング議事録を収録したので、そちらも参考のこと。

2)

タイトル名 : 仮想身体とロボットの再身体
プロジェクト正式名称 : Virtual Embodiment and Robotic Re-Embodiment
プロジェクト略称 : VERE

公募テーマ：ICT-2009.8.4 FET proactive 4: 人間とコンピューターの合流
プロジェクトコーディネーター：バルセロナ大学（西）
研究期間：2010年6月～2015年5月（60ヶ月）
全予算：1110万ユーロ
FP7 拠出金：850万ユーロ
プロジェクト参加者：サンタ・ルチーヤ財団（伊）、IDIBAPS（西）、マインツ大学（独）、カレッジ・ロンドン大学（英）、ローザンヌ連邦工科大学（スイス）、IDC（イスラエル）、グーガー・テクノロジーズ（オーストリア）、ワイツマン科学研究所（イスラエル）、ミュンヘン工科大学（独）、テレコム研究所（ポルトガル）、聖アンナ高等研究所（伊）、CNRS（仏）
ウェブサイト： http://www.vereproject.eu/
研究内容：EEGに基づくBCIを利用して、仮想世界での身体動作、実世界でのロボットの遠隔操作技術を開発する。研究の際には、脳神経倫理学による倫理的考察を取り入れる。

HHS 関連

タイトル名：ネットワーク化された自然な会合のための強化されたメディア
プロジェクト正式名称：Beaming through augmented media for natural networked gatherings
プロジェクト略称：BEAMING
公募テーマ：ICT-2009.1.5 ネットワークメディアと3Dインターネット
プロジェクトコーディネーター：スターラブ・バルセロナ（西）
研究期間：2010年1月～2013年12月（48ヶ月）
全予算：1238万ユーロ
FP7 拠出金：922万ユーロ
プロジェクト参加者：IDIBAPS（西）、IDC（イスラエル）、ミュンヘン工科大学（独）、TECHNION（イスラエル）、聖アンナ高等研究所（伊）、オールボー大学（デンマーク）、チューリッヒ工科大学（スイス）、カレッジ・ロンドン大学（英）、IBM イスラエル、バルセロナ大学（西）
ウェブサイト： http://beaming-eu.org/
研究内容：離れた場所にあるロボットの遠隔操作を通して、その場所で活動することを可能にする技術を開発する。遠隔視聴覚通信とロボット工学を組み合わせる技術であり、認知及びロボットの操作のため、脳科学、認知科学に基づく技術を利用する。

計測基盤技術関連

タイトル名：PET/MR イメージングにおけるSUBナノ秒レベルレジ

プロジェクト正式名称： SUB nanosecond Leverage In PET/MR ImAging
プロジェクト略称： SUBLIMA
公募テーマ： HEALTH-2009-1.2-3 Novel MR-compatible PET detectors for simultaneous PET/MRI imaging
プロジェクトコーディネーター： フィリップス・テクノロジー・ドイツ（独）
研究期間：2010年9月～2014年8月（48ヶ月）
全予算：1684万ユーロ
FP7 拠出金：1174万ユーロ
プロジェクト参加者： フィリップス・エレクトロニクス（蘭）、ペンシルバニア大学（米）、学際的ブロードバンド技術研究院（ベルギー）、キングス・カレッジ・ロンドン（英）、ローザンヌ連邦工科大学（スイス）、テクノリユーション（蘭）、デルフト工科大学（蘭）、マイクロシステムズ・エンジニアリング（独）、アーヘン医科大学（独）、ブルーノ・ケスラー財団（伊）、ハイデルベルグ大学（独）、ライデン大学（蘭）
ウェブサイト： http://cordis.europa.eu/projects/rcn/94257_en.html
研究内容：高性能同時PET/MR技術を開発する。

第3節 FP7 プロジェクト DECODER ワークショップ視察レポート

日程

2012年4月11日（午後2時～6時）及び4月12日（午前9時～午後6時）

場所

フランス / ブーローニュ・ビヤンクール市

ワークショップ主催者

フランス閉じ込め症候群協会（Association du Locked-In Syndrome : ALIS）⁴

参加者

NICT 欧州連携センター長：菱沼 宏之

ONOSO 研究員：小野 浩太郎

DECODER プロジェクトの概要

DECODER⁵は、EUのFP7 から助成支援を受けているBCI関連の研究開発プロジェクトである。同プロジェクトでは、1) 閉じ込め症候群等によって、無反応状態にある患者の意識状態を正確に診断する方法の研究と、2) 患者及び介護者等に簡単に利

⁴ <http://www.alis-asso.fr/>

ALIS は、フランスの閉じ込め症候群患者の支援団体である。

⁵ ウェブサイト

<http://www.decoderproject.eu/>

http://cordis.europa.eu/projects/rcn/93827_en.html

用できるコミュニケーション・ツールの開発が実施されている。同プロジェクトは、FP7 のICT部門にある「アクセス向上と生活補助ICT」というICTによる高齢者や障がい者の生活支援を目的とする研究開発の公募枠で採用され、助成支援を受けている。FP7 では、DECODERのように、多くのBCIやBMI関連の研究プロジェクトが高齢者・障がい者支援向けICT研究開発のテーマ項目で支援されている。

以下に、プロジェクトの正式名称、予算規模、プロジェクトのコンソーシアム参加者等について記す。

タイトル名 ： 無反応状態にある患者の意識を探知する BCI の利用開発
プロジェクト正式名称： Deployment of Brain-Computer Interfaces for the Detection of Consciousness in Non-Responsive Patients
プロジェクト略称： DECODER
公募テーマ： ICT-2009.7.2 アクセス向上と生活補助 ICT
プロジェクトコーディネーター： 独ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツベルグ
研究期間： 2010年2月～2013年2月（36ヶ月間）
全予算： 375万ユーロ
FP7 拠出金： 279万ユーロ
プロジェクト参加者： エバーハルト・カール大学チュービンゲン（ドイツ）、マーストリヒト大学（オランダ）、サンタ・ルチア財団（イタリア）、グーガー・テクノロジーズ（オーストリア）、フランス閉じ込め症候群協会（フランス）、リエージュ大学（ベルギー）、医療研究評議会（英国）、グラーツ工科大学（オーストリア）

DECODER プロジェクトの基本コンセプト

プロジェクトの意義と目的

DECODER プロジェクトの狙いは、交通事故等で生じた脳障害が理由で、無反応状態にある患者の生活を支援することにある。第一に、現在、無反応状態に陥っている患者の約 40%が、研究や技術開発の不足により、脳と意識の状態を正しく検査されておらず、第二に、患者の多くは、他者とのコミュニケーションを強く欲しているという 2つの現状がある。これらの状況を改善するため、DECODER では、a) 無反応状態にある患者の脳と意識状態を正しく知るために、BCI を利用する方法を研究し、b) BCI を利用し、患者や介護者に簡単に利用できるコミュニケーション・ツールを開発することを目的としている。こうして、同プロジェクトは、最終的に患者が介護者から可能な限り独立して生活することができるようにすることを目標としている。

a) BCI を用いて脳と意識の状態を知る方法

閉じ込め症候群等の患者を診察するにあたって、いわゆる植物状態にある患者と、意識はあるのだが、無反応状態にある患者の諸状態を区別することが重要である。このため、DECODER は無反応状態にある患者の意識の様々な状態を知るため、階層型アプローチを採用する。fMRI を用いて、被験者の脳の活動状態を計測し、そこか

ら分かる意識状態を、受動的状態から能動的状态へと3段階に区別する。最も受動的状態は、患者が聴覚等の基本的認知機能のみを有する段階で、第2段階では、より脳内で刺激に対する情報処理が進んでいる状態であり、第3段階では、より能動的な意識（意志がある状態）の状態である。このように、意識状態の検知のために、意識状態を3階層に区別する手法が採用される。

b) BCIによるコミュニケーション・ツール

DECODERが開発を目指しているコミュニケーション・ツールは、患者及び介護者が簡単に利用できるBCI単一スイッチ（YES/NO）のコミュニケーション・ツールである。ワークショップでは、DECODERの開発機器のデモンストレーションが行われたが、そこでは、グーガー・テクノロジーズ社の製品が用いられており、同社がコミュニケーション・ツールの開発に強く関わっていると見られる。

ワークショップ概要

DECODERプロジェクトは、2010年2月に開始され、2013年2月に終了する予定であるが、2012年4月11日及び12日に、フランスのブローニュ・ビヤンクール市で、DECODERの概要と現在までの研究成果の発表、そして、開発機器のデモンストレーションを行うワークショップが開催された。同市で開催された理由は、研究コンソーシアム参加者であり、ワークショップの主催者であるフランス閉じ込め症候群協会が、同市に本拠地を持つことに由来する。

公開ワークショップ参加対象者

ワークショップは一般に公開され、参加対象者は、神経学や神経生理学の研究者、BCI技術の研究者、医師、介護士等の専門家その他、閉じ込め症候群患者及び介助者等の専門家以外の人も含むものであった。

ワークショップの内容

ワークショップでは、DECODERの基本コンセプトの他、プロジェクト開始から現在までの研究成果が発表された。特に、無反応状態にある患者の意識状態を計測するアプローチについての発表が多かったが、インフォームド・コンセント等の倫理面に関わる発表も行われた。また、DECODERで開発されているBCIのコミュニケーション・ツールのデモンストレーションも行われた。

DECODERのデモンストレーション

ワークショップでは、DECODERの試作製品のデモンストレーションが実施された。健常者を実験台としたBCIを利用したコミュニケーション・ツールの利用実験には注目が集まった。下記の写真にあるように、BCIを利用して、被験者が文字を思い浮かべ、それをPC上に示す実験が行われた。デモンストレーションは、グーガー・テクノロジーズ社の研究員によって行われ、頭にかぶるキャップや機器等は同社のものが利用されていると考えられる。同ツールに関しては、グーガー社の動画がインターネ

ット上で公開されている⁶。

写真：ワークショップの様子



正解時には、下の写真のように PC 画面上に大きく文字が映し出される。



下の写真のように、日本語のものも開発されているようである。

写真：日本語バージョン

⁶ <http://www.youtube.com/watch?v=NIUPFpZswJk>



第4節 欧州諸国における脳情報通信の研究開発動向

ついで、欧州諸国における脳情報通信に関わる研究開発動向について記す。各国で同分野の研究を実施している主な研究機関とプロジェクト等の動向を記す。

英国

英国では、多くの大学で脳情報通信に関わる研究が実施されている。

カレッジ・ロンドン大学

カレッジ・ロンドン大学では、積極的に脳科学研究が実施されており、脳情報通信に関わる研究も行われている。

生命・医療科学部 脳科学科

同大学の生命・医療科学部には脳科学科⁷が設置されており、様々な側面から脳について研究が進められている（心理学・言語学専攻、眼科学研究院、聴覚研究院、神経学研究院、メンタルヘルス科学専攻、認知・神経科学研究院）。

心理学・言語学専攻⁸では、脳の認知プロセス等のHHS分野の研究が実施されている。

神経学研究院⁹は、慈善団体と公的研究支援機関である医療研究評議会から、年間3300万ポンドの資金を受けている。同研究院の神経画像研究センター¹⁰は、神経画像の学際的な研究を実施しており、MRI、MEG、EEGを利用し、HHS分野の研究を

⁷ <http://www.ucl.ac.uk/brain-sciences/>

⁸ <http://www.ucl.ac.uk/psychlangsci/>

⁹ <http://www.ucl.ac.uk/ion/about>

¹⁰ <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/>

施している。

認知・神経科学研究院は、EEG、fMRI、MEG、PET を利用し、BCI と HHS 分野の学際的な研究を実施している。

工学部 医療物理・生物工学科

同大学の工学部医療物理・生物工学科では、EIT（Electrical Impedance Tomography）を脳機イメージング分析に利用する研究¹¹、3T MRIを利用した脳機能イメージング研究¹²が実施されている。

インペリアル・カレッジ・ロンドン大学

インペリアル・カレッジ・ロンドン大学では、脳情報通信に関連する様々な研究が実施されている。

人間ロボット工学研究グループ

人間ロボット工学研究グループ¹³では、MRIとfMRIを利用したロボット工学¹⁴、BCIを利用した車いすの操作技術の研究開発を実施している。同グループは、インリア（仏）、ローザンヌ連邦工科大学（スイス）と研究提携している。

コンピューティング学部

コンピューティング学部では、生物ネットワーク研究グループ¹⁵で、BFI分野の研究（生物が持つネットワークの研究）、生物医療イメージ分析研究グループで、脳の計測研究が実施されている。

工学部 生物工学科

生物工学部では、BMI 分野の研究（車いすの操作等）の研究が実施されている。

神経工学イニシアティブ

インペリアル・カレッジ・ロンドン大学では、工学部生物工学科が中心となり、2009年より神経工学イニシアティブ¹⁶という学際的な研究プログラムを実施している。

オックスフォード大学

オックスフォード大学の脳fMRI研究センター¹⁷は、特にMRIを利用する神経画像研究を、TMSやEEG等の技術を利用して学際的に実施している。2011年7月には、7T MRIを購入し、研究に利用している¹⁸。脳情報通信に関しては、脳画像分析や脳の意思決定プロセス等のHHS分野の研究が実施されている。

¹¹ <http://www.ucl.ac.uk/medphys/research/eit>

¹² <http://www.ucl.ac.uk/medphys/research/mri>

¹³ <http://www.bg.ic.ac.uk/research/e.burdet/index.php>

¹⁴ <http://www.bg.ic.ac.uk/research/e.burdet/fMRI.php>

¹⁵ <http://bio-nets.doc.ic.ac.uk/>

¹⁶ <http://www3.imperial.ac.uk/neurotechnology/research>

¹⁷ <http://www.fmrib.ox.ac.uk/>

¹⁸ <http://www.fmrib.ox.ac.uk/fmrib-background/7Tintro>

ニューキャッスル大学

ニューキャッスル大学の神経科学研究所¹⁹では、fMRIやEEGを利用したHHS分野の研究²⁰、3T、4.7T、7TのMR、PET、EEG機器を利用した脳画像研究²¹が実施されている。

エセックス大学

エセックス大学のコンピューター科学・電子工学部には、2004年からBCI研究グループ²²が設置されており、BCIを利用した車いすの操作等の応用技術の研究開発が実施されている。

ウルスター大学

ウルスター大学のインテリジェントシステム研究センター²³では、障がい者の生活を補助するEEGに基づいたBCI利用技術の開発²⁴、計算神経科学等の研究が実施されている。

グラスゴー大学

グラスゴー大学工学部の生物医療工学科²⁵では、BCIを利用した障がい者の生活補助支援ツールの開発が実施されている。

フランス

フランスでは、インリア、脳・脊髄研究院、原子力・代替エネルギー庁、国立健康・医療研究院、テレコム・ブルターニュ等で、脳情報通信に関する研究が実施されている。

インリア (INRIA)

フランスの情報学及び制御分野の国立研究機関、インリアでは、脳情報通信の研究が実施されている。

BCI分野に関しては、2005年からOpenViBE²⁶という研究プロジェクトが、国立健

¹⁹ <http://www.ncl.ac.uk/ion/research/>

²⁰ <http://www.ncl.ac.uk/ion/research/themes/psychology/>

²¹ <http://www.ncl.ac.uk/ion/research/themes/neural/>

²² <http://dces.essex.ac.uk/Research/BCIs/>

²³

<http://isrc.ulster.ac.uk/Brain-Computer-Interfacing-and-Assistive-Technologies-Team/Home.html>

²⁴

<http://isrc.ulster.ac.uk/Brain-Computer-Interfacing-and-Assistive-Technologies-Team/Home.html>

²⁵

<http://www.gla.ac.uk/schools/engineering/research/divisions/biomedical/rehabilitation%20&%20assistive%20technologies/neurorehabilitation/>

²⁶ <http://www.inria.fr/actualite/mediacenter/opencvibe>

康・医療研究院及びフランス最大手通信事業者フランス・テレコムの研究部門オレンジ・ラボと合同で進められている。同プロジェクトでは、OpenViBEという同名称のソフトウェアプラットフォーム²⁷が開発されており、EEGを利用したビデオゲームの操作等の応用アプリケーションが開発されている。また、同ソフトウェアプラットフォームを利用した仮想現実空間の実験施設²⁸も構築されており、3D等の最新マルチメディア技術の開発が進展められている。

BCI分野の他、インリアでは、脳の計算モデルの開発²⁹、MRI、MEG、EEGを用いた脳計測研究³⁰が実施されている。

脳・脊髄研究院

パリにあるサルペトリエール病院には、脳・脊髄研究院³¹が2005年に設置され、同研究院の脳・脊髄研究センター³²において、脳・神経科学に関する様々な研究が実施されている。同研究センターは、病院の内部に設置されているので、医療現場と非常に緊密に提携して研究を実施していることが特徴である。同研究センターでは、パリ第6大学、国立健康・医療研究院、国立科学研究センターと合同で研究活動が実施されており、全人員は500名で、22研究チームが設置されている。様々な脳に関する研究が同研究センターでは実施されているが、脳情報通信に関わるものとしては、MRI、EEG、MEGを用いた脳計測研究、脳の認知プロセスの解明を目指すHHS分野の研究³³が実施されている。

原子力・代替エネルギー庁（ニューロ・スピン）

原子力・代替エネルギー庁³⁴では、医療画像技術の研究開発とそれを利用した脳研究が実施されている。2007年には、パリ近郊に、「ニューロ・スピン（NeuroSpin）」という高磁場MRIを利用する脳の大規模な神経画像研究センターが設立されている³⁵。同研究センターには、3T及び7TのMRIが装備され、インリア³⁶や国立健康・

²⁷ <http://openvibe.inria.fr/>

同ソフトウェアに関しては、インターネットのウェブサイトで詳しく紹介されている。

<http://openvibe.inria.fr/bci-and-openvibe-introduction-video/>

²⁸ <http://www.inria.fr/centre/rennes/actualites/immersia-la-nouvelle-salle-de-realite-virtuelle>

²⁹ <http://cortex.loria.fr/>

<http://www.inria.fr/equipes/cortex>

<http://www.inria.fr/equipes/neuromathcomp>

³⁰

<http://www.sop.inria.fr/athena/>

<http://www.inria.fr/equipes/athena>

³¹ <http://icm-institute.org/menu/fondation/mission>

³² <http://www.cricm.upmc.fr/>

³³ <http://cogimage.dsi.cnrs.fr/>

³⁴ 原子力・代替エネルギー庁は、原子力エネルギーやICTの研究等も行っている国立の研究機関である。<http://www.cea.fr/>

³⁵ http://www.cea.fr/presse/liste_des_communiques/inauguration_de_neurospin-4140

³⁶ <http://www.inria.fr/equipes/parietal>

インリアは、ニューロ・スピんに研究チームを設置している。

医療研究院等の他の研究機関と提携しており、フランスにおける脳研究の重要な研究施設である。なお、ニューロ・スピンの設立には5100万ユーロが費用として使用された。現在、人体向けとしては、世界で最も高性能の11.7T MRI装置が開発されており、2012年中に完成する予定である。

国立健康・医療研究院 (INSERM)

国立健康・医療研究院では、脳情報通信に関わる様々な研究が実施されている。まず、MRIとPETを利用した脳の計測研究³⁷とそれらの技術を利用し、脳の認知機能等（HHS分野）や脳障害の研究、そして、脳計測技術として、MRIとPETの欠点を補う超音波を利用した新しい技術を2011年に開発している³⁸。BCIに関しては、インリアとともに、OpenViBEソフトウェアプラットフォームの開発に参加している³⁹。

トゥールーズ・脳科学研究院

フランスの南西部にある都市トゥールーズにある脳科学研究院は、脳に関わる研究（動物の脳や認知機能の研究も含め）を統合し、学際的な研究を進めている。同機関は、フランスの複数の研究合同機関として2000年に設立された。現在、国立健康・医療研究院、国立科学研究センター、トゥールーズ大学、トゥールーズ病院が同研究院で活動を行っている。fMRI 3TやPETの施設を利用した脳計測研究、HHS分野の研究⁴⁰、EEGに基づくBCI分野の研究⁴¹が実施されている。

ヒアリング議事録：フランス / テレコム・ブルターニュ

フランスのICT高等教育・研究機関であるテレコム・ブルターニュ⁴²のクロード・ベルー教授は、第三世代携帯電話等で利用されているターボ符号の発明者の一人として有名であるが、近年来、フランスで全く新しいアプローチを採用し、脳研究を積極的に行っており、現在フランスのメディア等でしばしば取り上げられている。我々は、同教授にヒアリングを行い、同教授の研究チーム及び新しいアプローチと従来のアプローチの違い等について詳しくお話を伺った。

³⁷

<http://www.inserm.fr/index.php/thematiques/technologies-pour-la-sante/dossiers-d-information/imagerie-fonctionnelle-biomedicale>

³⁸

<http://www.inserm.fr/espace-journalistes/mise-au-point-d-une-technique-d-imagerie-de-nouvelle-generation>

³⁹

<http://www.inserm.fr/thematiques/technologies-pour-la-sante/dossiers-d-information/interface-cerveau-machine>

⁴⁰ <http://cerco.ups-tlse.fr/?lang=fr>

⁴¹ <http://www.ifr96.ups-tlse.fr/fr/plateaux-techniques/electrophysiologie.html>

⁴²

http://www.telecom-bretagne.eu/recherche/programmes_de_recherche/reseaux-du-futur-technologies-support-des-communications/codage-et-cerveau/

日程

2012年6月12日

場所

NICT 欧州連携センター事務所（パリ）

先方（○）

テレコム・ブルターニュ 将来ネットワーク学部 電子工学科 コーディングと脳研究グループ責任者：クロード・ベルー氏

当方（△）

NICT 欧州連携センター長：菱沼 宏之

ONOSO 研究員：小野 浩太郎

ヒアリング概要

先方の専門研究分野と研究チームの概要について

（△）まず、あなたの専門領域について教えていただきたい。

（○）私は初め電子工学の専門であったが、度量衡や流体力学についても研究を行っていた。フランスのグルノーブル市にある大学で博士号を取得したが、ちょうどその年に、生まれ故郷のブルターニュ地方で、テレコム・ブルターニュが設立され、准教授として雇用されることになった。それ以来、私は現在までテレコム・ブルターニュで研究活動を行っている。私は研究を進めるに従って、段々とコーディングに興味を持ち始め、1990年代に同僚と一緒にターボ符号を発明した。よって、私は元々無線技術の研究者である。脳の研究に関しては、2006年に開始しており、非常に最近のことである。

（△）あなたの研究チームの人員規模と予算規模について教えていただきたい。

（○）私の研究チームは、全部で8名のフルタイムの研究者、約10名のパートタイムの研究者及び技師で構成されている。予算に関しては、1年間に75万ユーロである。

（△）あなたは、鉦業・テレコム研究院及びテレコム・ブルターニュ内の他の研究チームと連携して、研究活動を行っているか。

（○）今のところは連携していないが、今年中にテレコム・パリテックの研究チームと共同研究を実施する予定がある。

（△）あなたはフランス国内及び他国の組織と提携して研究を実施しているか。

（○）カナダのマックギル大学の研究者と提携しているが、彼は私の下で研究していた学生である。フランス国内では現在、テレコム・ブルターニュの近くにあるブレスト大学と提携しており、その他、レンヌ大学、フランス原子力・代替エネルギー庁のICT部門の研究所である LETI（電子情報技術研究所）と提携する予定である。最近、我々のプロジェクトに関心を持ち、コンタクトを求める組織が増えて来ている。本日はこの後、電気通信事業者のフランス・テレコムに行き、私の研究について講演する

予定である。

先方の研究内容について

(△) あなたのご研究はフランスの新聞等メディアで最近取り上げられることがしばしばあるが、それによると、あなたはローザンヌ連邦工科大学のブルー・ブレイン・プロジェクト等で採用されている従来の脳研究のアプローチとは、異なるアプローチを採用している。それは具体的にどのようなものか。

(○) 私のアイデアは非常に単純である。第一に、記憶や知性が位置付く脳の新皮質はグラフとして見るのが可能である。よって、私は数学のグラフ理論を脳研究に利用する。第二に、人間の脳内の情報はロバストであり、耐久性がある。それゆえ、必然的に冗長性（リダンダンシー）がある。このように考えたのは、おそらく私が初めてである。電気通信部門では、誤り訂正符号という冗長性を情報に付け加えることがある。この符号は必要なデータが誤りでないか検出し、訂正するために与えられたものであり、それ自身は伝達すべきデータの内容ではない。私の第二のアイデアは、この冗長性という考えを脳研究に適用することであり、つまり、情報理論を適用することである。脳の記憶力は非常にロバストであり、耐久性があるから、冗長性というものが必然的にあると考えることができる。このような考え方は、非常に革新的であり、新しいものである。我々の研究は計算神経科学に入るだろう。

(△) あなたの研究は、脳の生理学的研究とは異なるということか。

(○) その通り。脳の研究には幾つかのアプローチが可能である。第一に、心理学や精神病理学の研究がある。この種の研究では、脳は一種のブラックボックスとして考えられ、研究者は脳の構造や機能の解明に関心を持たない。第二に、脳を生理学的に研究するアプローチがある。これは fMRI 等を用いて物質としての脳、つまり神経を研究する。現在、これらの 2 つのアプローチを採用する研究者は非常に多い。後者のアプローチには非常に多くの課題がある。まず、脳の神経は非常に数が多く、つながり方も非常に複雑であり、さらに、各人によって脳は多少とも異なる。彼らはいわばリバースエンジニアリングを脳に対して試みているのであって、これは不可能であると私は考える。私の研究アプローチは、これらの 2 つのアプローチの間に位置付くものであり、脳を情報システムという観点から研究する。どこに、どのようなシステムで、例えば、私の電話番号の情報が脳内に保存されているのか明らかにしたい。精神の情報（mental information）というものは、何か特別な情報というわけではなく、電気通信部門における情報と非常に類似したものである。私は神経科学について基礎的な事柄は学んだが、元々電子工学と物理学が専門であるので、神経そのものの研究に強く関心があるわけではない。従って、私は fMRI や MEG 等の機器を利用することはない。私の関心は、脳のコード、冗長性を知ることである。脳の神経細胞は物質的には年を重ねるごとに減っていくが、電話番号等の情報は残り続ける。脳の情報は非常にロバストである。このようなアプローチを採用している研究者は、現在までのところほとんどいない。

私の考えでは、脳を生理学的に研究している研究者は、情報というものがどういうものか理解するためのツールを持っていない。生理学的な研究は、脳のアーキテクチャやデザインを理解しようとはしない。私としては、脳を研究する出発地点は、情報理論にあると言いたい。だがもちろん、個人を治療する医療向けには脳の生理学的な研究は必要だと考えている。なお、脳の記憶の研究に焦点を当てるので、私の研究は、あなたたちが言うところの HHS 分野の研究に入るのだと思う。

我々は情報理論を利用して、脳のモデルを製作するが、その際には幾つかの条件がある。第一に、脳のモデルは非常に多くの情報を蓄積できなくてはならない。第二に、このモデル内の情報はロバストなものでなければならない。物質的な要素が劣化する等しても、情報がそこに残存することができなければならない。第三に、生物学の知見と照らし合わせて、妥当なものでなければならない (biological plausible)。第四に、分散コンピューターやシリコンに実装可能なものでなければならない (implementable)。第五に、モデル内の情報は、細切れの情報ではなく、一続きの情報でなければならない (sequential)。つまり、単に電話番号だけの情報ではなくて、歌や詩、文節、文脈の情報も保存可能でなければならない。

(△) あなたのアプローチの利点はどこにあるのか。

(○) 我々のアプローチは、まず非常に単純であり、そして、既存の情報理論を利用することができる点が利点の一つである。

(△) 確かに、あなたのアプローチは非常に新しいものであるようにお見受けする。

(○) その通り。だが、私の考え方は新しいものであるので、人々を説得するのに時間がかかる。だが、欧州ではすでに、私の研究プロジェクトの価値は認められつつある。2011年に、私の NEUCOD (Neuro coding) というプロジェクトに対して、欧州研究評議会 (European Research Council) から、約 200 万ユーロの資金が支給されることが決定した。私の研究を審査した人々は、脳の研究には様々な異なるアプローチが必要であり、私のアプローチも適切なものとして認めている。つまり、彼らは脳の研究には生理学的研究、心理学的研究が必要であるが、同時に情報理論の適用も必要であることを認めたのだ。

(△) 他国には、あなたと同じアプローチを採用している研究者はいないのか。

(○) 米国には、2、3 の大学で類似した研究を行っている研究者もいるようだが、数は多くない。日本の状況についてはよく分からない。もし日本で私の研究に関心がある方がおられれば、将来的に共同研究することも可能であり、それが実現すれば非常に喜ばしいことである。

(△) どのような応用技術が考えられるだろうか。

(○) 私の最終的な目標は人工知能の開発であるが、この脳研究は医療部門にも応用可能であろう。最終的に、私は「考える機械 (thinking machine)」を製作するのが目標である。例えば、フランスと映画という言葉を知ったら、我々はカンヌのことを思い出すだろう。人間の脳には連想能力がある。私はこのような連想能力を機械に持たせたい。さらには、研究者に代わって研究を行うことができるような発明する能力

を機械に装備することができるようにしたいが、これを実現することは実際には難しいかもしれない。

(△) あなたの研究成果の商用化時期については、いつ頃になる予定であるか。

(○) まだ商用化の段階にはないが、2年後には LETI 等とともに少しずつ始まっていく予定である。

(△) 我々も近い研究内容を有しているかもしれない。本分野における研究連携の可能性はどうか。

(○) 私の研究成果が出てくる時期とも関係するので、NICT との研究連携は、行うとしてもあと2年後にはなるだろう。その頃には、人材交流も良いかも知れない。

倫理・安全面での配慮について

(△) 人間の脳の研究にあたっては、倫理・安全面の配慮が必要になると思われるが、あなたの研究においては、倫理・安全面でのガイドラインや規則、原則等は定められているのか。

(○) 私は脳の生理学的研究等を行うわけではないので、特に倫理・安全性に関しては問題にならない。

ドイツ

ドイツでは、脳情報通信に関わる研究が盛んに実施されており、FP7 のプロジェクトにも積極的に参加している。

チュービンゲン大学

チュービンゲン大学医学部医療心理学・行動神経生物学研究院⁴³では、EEGに基づく非侵襲型のBCIシステムと応用ツール（被験者の腕を動かすツール）と、侵襲型の電極を用いて、ECoGを計測するBCIシステムの開発が進められている。研究目的としては、閉じ込め症候群患者の生活補助が挙げられている。同研究院では、MEGを利用した研究も⁴⁴積極的に実施されており、脳の認知機能プロセスの研究等、HHS分野の研究が実施されている。その他、音楽家の脳をfMRIを利用して研究するプロジェクトも実施されている⁴⁵。

シーメンス社

世界規模で事業を行っているシーメンス社は、医療機器開発部門を持ち、PET及びMRI装置（1.5T、3T、7T）の開発を行っていることで有名である。同社の製品は、欧州の多くの研究開発機関（英オックスフォード大学、仏原子力・代替エネルギー庁

⁴³

<http://www.mp.uni-tuebingen.de/mp/index.php?id=137>

⁴⁴ <http://www.mp.uni-tuebingen.de/mp/index.php?id=356>

⁴⁵ <http://www.mp.uni-tuebingen.de/mp/index.php?id=126>

等⁴⁶⁾で使用されている。2012年4月には、「バイオグラフ mMR」というMRとPETの同時撮影を可能にするハイブリッドの装置を発表している⁴⁷⁾(MRの性能は3T)。

ヒアリング議事録・ドイツノベルンシュタイン・フライブルグセンター

ドイツのベルンシュタイン・フライブルグセンターでは、侵襲型技術を利用したBMI (Brain-Machine Interface) の研究開発が積極的に行われている。我々は同センターの神経科学者アド・アートセン氏とヨアン・リッケルト氏にヒアリングを行い、同センターでのBMI研究開発の動向及び倫理・安全面の問題に対する配慮等についてお話を伺った。

日程

2012年7月11日

場所

先方事務所 (ドイツ・フライブルグ)

先方

ベルンシュタイン・フライブルグセンター

フライブルグ大学 生物学部教授：アド・アートセン氏

BMI イニシアティブ及びコアテック社責任者：ヨアン・リッケルト氏

当方

NICT 欧州連携センター長：菱沼 宏之

ONOSO 研究員：小野 浩太郎

ベルンシュタインセンターの概要

ベルンシュタイン・フライブルグセンターは、ドイツ国内に設立された6つの「計算神経科学のためのベルンシュタインセンター」のうちの1つである。同種の研究組織は、フライブルグの他に、ベルリン、ゲッティンゲン、ハイデルベルグ・マンハイム、チュービンゲン、ミュンヘンに設立されている。

これらのベルンシュタインセンターの設立背景には、2004年にドイツ連邦教育研究省が「国家計算神経科学・ベルンシュタインネットワーク」という神経科学分野の研究助成プログラムを開始したことがある。同ネットワークは、ドイツにおける理論的神経科学及び実験的神経科学の発展を目指し、国内の200以上の研究グループを提携させ、同分野の研究レベルの向上及び若手研究者の育成を目的としている。また、同ネ

46

https://www.swe.siemens.com/france/web/fr/med/produits/irm/MAGNETOM/Pages/7T_MAGNETOM_SCANNER.aspx

47

http://www.medical.siemens.com/webapp/wcs/stores/servlet/ProductDisplay?catalogId=-11&catTree=100010,1007660,12754,1037316&langId=-11&productId=4142478&storeId=10001&nc_showLayer=1&stc=wwhim170040

ットワーク内では学際的な研究が実施されるとともに、産業パートナーと連携し、研究成果の実践的応用が目指される。6つのベルシュタインセンターは、以上のようなネットワークの研究拠点として創設された。2004年、ドイツ連邦教育研究省は全ベルンシュタインセンターに対して、約4000万ユーロを資金供給し、2010年には新たに約4300万ユーロを供給している。

ヒアリングの概要

ベルンシュタイン・フライブルグセンターにおけるBMI研究開発動向について

(△) ベルンシュタイン・フライブルグセンターについて教えてほしい。

(○) 同センターでは、フライブルグ大学の生物学部、医学部、工学部、物理学部等の研究者が集まり、計算神経科学 (Computational neuroscience) の学際的な研究を実施している。アド・アートセン氏は他の幾人かの研究者とともに、2004年にベルンシュタイン・フライブルグセンターを設立した。同センターは主にドイツの連邦教育研究省より資金を供給され、神経科学の理論研究と実験研究を結合させる研究を実施している。また欧州プロジェクトにも参加し、研究助成金を得ており、また以前はHFSP (Human Frontier Science Program) ⁴⁸からも助成金を受給していた。同センターには、たくさんの外国人研究者や博士課程の学生がおり、アド・アートセン氏はオランダ人である。ヨアン・リッカート氏はドイツ人で、ベルンシュタイン・フライブルグセンターにおけるBMI研究プロジェクト「BMIイニシアティブ (Brain Machine Intefacing Initiative)」の責任者である。

(△) ベルンシュタイン・フライブルグセンターでは、どのような研究を実施しているか。

(○) 特に、神経科学の応用が我々の研究の主なテーマであり、侵襲型のBMIの研究を積極的に行っている。BMI技術の中でも、我々は特に身体の運動制御に関する研究に力を入れている。例えば、BMIを利用して、腕を動かす技術を開発している。

我々はBMIイニシアティブという研究プログラム⁴⁹を実施しており、フライブルグ大学、IMTEK、フライブルグ大学医療センターと提携して、BMIの学際的な研究を実施している。一方では生理学的な脳の研究、つまり、脳信号を理解する研究を行い、他方では、フライブルグ大学内や近辺の医療施設等と提携し、医師及び患者とともに臨床研究を行い、また侵襲型BMI向けのマイクロシステムの工学的研究を実施している。これらの3つの種類の研究をBMIイニシアティブでは総合的に実施している。

2010年には、我々の研究組織からコアテック社 (CorTec) ⁵⁰というスピンオフ企業が設立され (運営開始は2011年)、ヨアン・リッケルト氏が同社の責任者を務めている。同社は、特に侵襲型のBMI技術を開発している。例えば、電極、インプラント向けの機器、無線伝送技術、オンラインでの脳信号解読ソフトウェアを開発している。また、言葉を話せない患者向けにBMI技術を利用するコミュニケーションソフトウェア

⁴⁸ <http://www.hfsp.org/about-us>

⁴⁹ <http://www.bmi.uni-freiburg.de/>

⁵⁰ <http://cortec-neuro.com/>

アや端末を開発する研究プロジェクトも進めている。このように、我々は基礎研究を応用し、製品化する試みを行っている。

(△) コアテック社の BMI 製品はすでに商用化されているのか。

(○) 否。まだ開発の段階であり、商用化はされていない。

(△) あなた方は、BMI 技術を医療向けに開発しているのか。

(○) その通り。患者を支援する必要性が、我々の研究開発の主要な動機であり、健常者を対象とした研究は行っていない。なお、我々の実験に参加している患者は、元々てんかんを煩い、それを理由に外科手術を行い、既に電極を脳内に移植した人々である。従って、我々はてんかんの治療を延長させる形態で、BMI の研究を行っている。

(△) 侵襲型の BMI 技術を健常者に利用することは考えていないのか。

(○) 考えていない。なお、健常者の場合には非侵襲型が想定されるが、非侵襲型技術によって読み取れる脳信号の質は、侵襲型によって読み取れる脳信号の質ほどは優れていないと考えている。

欧州プロジェクトへの参加動向について

(△) あなた方は欧州連合の第 7 次枠組計画 (以下、FP7 とする) に参加しているか。

(○) FP7 には参加していないが、第 6 次枠組計画 (FP6) には参加していた。また、現在でも、FP7 とは別の欧州プロジェクトに参加している。1 つは「ユーロ・スピ

(European Study Programme In Neuroinformatics : Euro SPIN)」⁵¹である。このプロジェクトは、EUのエラスムス・ムンデウス・アクションプログラム (Erasmus Mundus Action) によって助成されており、主に神経情報学 (神経科学を含む) を学ぶ博士課程の学生のトレーニング支援プログラムである。同プロジェクトにおいて、学生は 3~4 年規模の学際的な研究プロジェクトに参加する。このプロジェクトの参加者は、フライブルグ大学の他、スウェーデンの KTH 王立技術研究院、英国のエジンバラ大学、インドの国立生物科学センターである。もう 1 つは、「ニューロタイム (Neuro Time)」である。これも EUのエラスムス・ムンデウス・アクションプログラムによって助成されており、フランス、オランダ、スイス、イスラエル、インドの博士課程の学生を育成することを目的としている。

侵襲型 BMI 技術の必要性について

(△) 侵襲型技術の必要性について教えていただきたい。

(○) 脳信号を計測する方法は 3 つある。第一の方法は、マイクロ電極を脳内奥深くに挿入するものである。第二の方法は、大脳皮質に電極を接触させ、ECoG (electrocorticography : 皮質電図) を計測するものである。これは我々が採用しているアプローチであり、より低侵襲である。第三の方法は、日本の情報通信研究機構のような非侵襲型の計測技術、例えば、EEG (Electroencephalogram)、MRI (magnetic resonance imaging)、MEG (Magnetoencephalography) を利用するも

⁵¹ <http://www.bcf.uni-freiburg.de/eurospin>

のである。現在までのところ、どの方法が最も適したものであるか、科学的に判断することはできない。我々の意見では、どれか1つの方法が最も良いと言うわけではなく、3つの方法はそれぞれ必要である。

侵襲型BMI技術の倫理・安全面での問題について

(△) 日本では、総務省の「脳と ICT に関する懇談会」という組織が脳情報通信研究の指針について、2011年に最終取りまとめを発表している。同組織は、その中で倫理・安全面のガイドラインの作成するために、幾つか重要な点（インフォームド・コンセント、偶発的所見への対応、個人情報保護等）を定めている。あなた方はこのようなガイドラインを策定しているか。

(○) フライブルグ大学では、大学内の病院に設置された倫理委員会が研究プロジェクトを審査しており、我々はその倫理規則に従わなければならない。我々がプロジェクトを開始する前には、実験の内容、実験に参加する患者の数や扱い方等が全てチェックされる。

(△) 各プロジェクトについて、倫理委員会が承認を与えているということか。

(○) その通り。倫理・安全面の審査をクリアしなければ、ドイツ国内の研究助成機関、欧州プロジェクトを問わず、研究助成金の支給を申請することができない場合がある。つまり、まず倫理・安全面の審査を終え、危険性がないことが確認されていなければ、研究助成金を取得できない場合がある。また、研究プロジェクトを審査する倫理委員会は、ドイツの各州の政府にも設置されている。

(△) インフォームド・コンセントについて教えていただきたい。意思を表明できない患者が実験に参加する場合、インフォームド・コンセントをどのように得るか問題となると思う。あなた方の研究ではどのように対応しているのか。

(○) まず、我々はインフォームド・コンセントを各患者から得ることが義務づけられている。ついで、我々の研究では、実験参加者は全て意思を表明できる患者なので、以上のような問題は今までのところ我々には提起されてない。だが、意思を表明できない患者が実験に参加する場合には、患者の家族等が患者の代わりに同意を与えることになるだろう。

(△) 被験者の個人情報保護に関しては、どのように対応しているか。

(○) 患者の個人情報は安全に保管され、匿名化されている。論文等を発表する場合に、年齢や性別に関する情報等を利用してはかまわないが、その他の個人情報に関しては利用できない。

(△) 侵襲型の BMI 技術の場合、より規制等が厳しいのではないか。

(○) もちろん、侵襲型の方がより厳しく技術の安全性が検査されている。つまり、電極が脳に危険な影響を与えないか等が検査されている。

参考情報

ベルンシュタイン・フライブルグセンターには、以下の2つの研究グループが設置

されている。

計算神経科学グループ

計算神経科学グループ⁵²では、脳活動の分析及びモデリング、脳ネットワークの特徴と機能の実験及び計測による研究、そして、脳研究の応用研究が実施されており、脳情報通信の研究が効果的に実施されている。応用研究としては、ロボット工学への利用⁵³、BMI分野の研究（BMIシステムを利用し、人工器具により腕で物をつかむことを補助する技術等）が実施されている。

同研究グループは、フライブルグ大学の他の組織と共同で、BMIイニシアティブというBMI分野の研究プログラムを実施しており、MEGとEEGを利用した脳研究、BMIのソフトウェア開発、新しい電極の開発（侵襲）、fMRIを利用した電極のデザインとインプラントの研究が実施されている。

神経工学グループ

神経工学グループでは、障がい者の生活支援補助を目的に、EEGやECoGを利用した侵襲型及び非侵襲型のBMIの研究が実施されている。神経メカニズムの研究の他、脳に埋め込む電極のデザイン、データ分析やシミュレーションのソフトウェアツールの開発、そして、BMIの研究が引き起こす可能性のある倫理的問題について研究する神経倫理学の研究も同グループ内で実施されており、脳科学の総合的な研究が実施されている。

なお、フライブルグ大学は神経工学の学際的な研究に取り組んでおり、ベルンシュタイン・フライブルグセンター、BMIイニシアティブ、計算幾何学部、マイクロシステム工学部、生物学部、倫理・医学史研究院の内部組織を提携させるとともに、フライブルグ医科大学⁵⁴、フラウンホーファー研究所、HSG・マイクロ技術・情報技術研究院⁵⁵という外部組織と提携して研究活動を実施している。

国外研究提携パートナーは、カリフォルニア大学（米）⁵⁶、ヘブライ大学（イスラエル）⁵⁷、エジンバラ大学（英）⁵⁸、カレッジ・ロンドン大学（英）⁵⁹、理化学研究所（日）、ノルウェイ・生命科学大学⁶⁰、本田技研工業の欧州研究機関、ホンダ研究院（独）⁶¹であり、日本の組織との交流も深い。

ヒアリング議事録：ドイツノユーリッヒ研究センター

ドイツのヘルムホルツ協会のユーリッヒ研究センターでは、エネルギー部門、ICT

⁵² <http://www.bcf.uni-freiburg.de/bccn>

⁵³ <http://www.bcf.uni-freiburg.de/bccn/research/c4>

⁵⁴ http://www.uniklinik-freiburg.de/ip/live/index_en.html

⁵⁵ <http://www.hsg-imit.de/en/home/>

⁵⁶ <http://neurograd.ucsd.edu/>

⁵⁷ <http://icnc.huji.ac.il/>

⁵⁸ <http://www.anc.ed.ac.uk/dtc/>

⁵⁹ <http://www.gatsby.ucl.ac.uk/>

⁶⁰ <http://bebi.umb.no/index.en.html>

⁶¹ <http://www.honda-ri.de/tiki-index.php?page=welcome>

部門、健康部門の研究開発が実施されており、健康部門の神経科学・医療研究院⁶²において、精力的に脳の研究が実施されている。我々は同研究院のN・ジョン・シャー氏にヒアリングを行い、同研究所での脳研究の動向及び倫理・安全面の配慮についてお話を伺った。シャー氏は同研究院の医療画像物理学研究グループの責任者であり、MRI、MEG、MRIとPETを結合させる脳計測技術の研究開発を実施している⁶³。特に、シーメンス社（独）と提携して、世界でもユーリッヒ研究センターにしか存在しない9.4T MR-PET（PETとMRIのハイブリッド装置）を開発していることで有名である。

日程

2012年6月20日

場所

先方事務所（ドイツ・ユーリッヒ）

先方

ユーリッヒ研究センター 神経科学・医療研究院 医療画像物理学研究グループ
（Institute of Neuroscience and Medicine 4：INM-4）責任者：N・ジョン・シャー氏

当方

NICT 欧州連携センター長：菱沼 宏之

ONOSO 研究員：小野 浩太郎

ヒアリング概要

先方の研究所の概要について

（△）ユーリッヒ研究センターの概要について教えてほしい。

（○）ユーリッヒ研究センターは、ヘルムホルツ協会⁶⁴の傘下にある研究組織の1つである⁶⁵。同研究センターは、元々原子力技術の開発拠点としてスタートした。だが、10年前から同技術の研究開発は実施されておらず、現在残っている施設も数年後には撤去される予定である。現在は、主にエネルギー・環境部門、ICT部門、健康部門及びナノ電子工学等の重要技術の研究開発を実施しており、主に基礎研究を行っている。同センターの全人員は4600名で、そのうち科学者は2000名程度、博士課程の学生は720名である。全予算は5億3200万ユーロで、その内3億2800万ユーロがドイツ連邦政府と州政府からの資金助成に由来し、2億400万ユーロが外部資金である。ユーリッヒ研究センターの本拠地はユーリッヒであるが、他にミュンヘン、ベル

⁶²

http://www.fz-juelich.de/portal/EN/AboutUs/Institutes_Facilities/Institutes/InstituteNeuroscience_Medicine/inm.html

⁶³ <http://www.fz-juelich.de/inm/inm-4/EN/Forschung/MR-Physik/9komma4/ node.html>

⁶⁴ 参考：ヘルムホルツ協会 http://www.helmholtz.de/en/about_us/

⁶⁵ <http://www.helmholtz.de/en/>

リン、フランス、アメリカにも施設を持つ。

神経科学・医療研究院は全部で 8 つの研究グループを持ち、全人員規模は約 350 名である。常勤の研究者と期限付きの研究者の割合は、ユーリッヒ研究センター全体では半分半分であるが、神経科学・医療研究院に関しては、約 2 割が常勤の研究者である。なお同研究院は比較的新しい組織であり、現在規模が拡大しつつある。外部からの研究助成金については、2 年間から 3 年間のものが多く、長くて 5 年間である。2～3 年間の助成金では、期限付きの研究者がよりテーマを絞った研究をすることが多く、長期的な研究は常勤の研究者が実施することが多い。研究者の評価については、発表した論文を基に行い、研究成果次第で、期限付きの研究者が常勤の研究者として雇用される。

また、ユーリッヒ研究センターは、ドイツのRWTHアーヘン大学と、JARA (Jülich Aachen Research Alliance) ⁶⁶という提携協約を結び、合同で研究している。この研究提携においては、持続可能エネルギー、脳研究、将来の情報技術、スーパーコンピュータという 4 つのテーマで研究開発が行われており、脳研究プログラムの責任者は私である⁶⁷。このプログラムの人員規模は、全部で 3700 名に及び、非常に大きなものである。

(△) 神経科学・研究院は、ドイツ国内及び他国に研究パートナーを持つか。

(○) 我々は日本の京都大学と大阪大学と深い関係を持ち、他には、オランダのマーストリヒト大学、カナダのニューブランズウィック大学、アメリカのペンシルベニア大学と提携している。ドイツ国内では、シーメンス社と提携しており、またフライブルグ大学とも関係を持つ。

(△) EU の FP7 プロジェクトに、あなたの研究院は参加しているか。

(○) 我々は FP7 に申請したが、残念ながら採用されなかった。

研究開発の内容について

(△) 神経科学・医療研究院では、どのような研究を実施しているのか

(○) まず、我々は MRI (Magnetic Resonance Imaging)、PET (Positron Emission Tomography)、MEG (Magnetoencephalography) 等の機器を利用して、脳の基礎研究、つまり、省エネルギーの脳内ネットワーク構造、脳の諸機能（記憶、認知、社会行動）を理解することを目指す研究を行っている。なお、我々は他の身体部位に関する研究を行っていない。また、基礎研究を応用した技術の開発も実施しており、例えば、耳鳴りを防ぐ小型器具の開発や、植物の内部構造の観察等も行っているし、BMI (Brain Machine Interface) に関する研究も開始したところである。

私が責任者を務める医療画像物理学研究グループでは、特に脳画像技術の研究を実施している。私自身は物理学者であり、生理学者ではない。我々は脳の計測研究を行うだけでなく、実際にMRI、PET、MEGの機器を開発しており、この点が我々の研

⁶⁶ <http://www.jara.org/index.php?id=1&S=0&L=2>

⁶⁷ <http://www.jara.org/en/research/jara-brain/?S=0>

究所の強みである。MRI、PETに関しては、シーメンス社と提携している。特に、我々はMRIとPETを組み合わせたハイブリッド装置、9.4T MR-PETを2009年に開発した（開発費用：2000万ユーロ）。これは人体向けのものとしては世界で最も高性能のものであり、世界でもユーリッヒにしか存在しない。MEGに関しては、装置を開発していた企業が倒産してしまい、現在対応を検討中である。日本でも同様の問題を抱えてはいないだろうか。また、我々のグループは医療機関と提携して、障がい者の運動機能回復を目的とした臨床研究を実施している。

(△) NICTはICT部門の研究機関であり、大半の研究者がICT分野の研究者であるが、あなたの研究院ではどうか。

(○) 私の研究グループでは、7割が物理学系の工学者であり、神経科学・医療研究院全体では、5割から7割が神経科学者及び医療研究者である。

(△) 9.4T MR-PET装置を利用して、どのような研究を実施しているのか。

(○) この装置は9.4T (9.4 Tesla) の高性能のMRとPETの同時画像処理を可能にするもので、これを利用して、我々は脳のマッピングを行う。こうして、我々は脳外科医に脳の機能分布について情報を提供できる。現在は健常者のみを対象に装置を利用し、研究を行っているが、来年から障がい者を対象とした研究も開始する見込みである。

(△) ユーリッヒ研究センターでは、脳研究とICTの融合研究を実施しているか。

(○) 同研究センターは欧州で1番か、2番の性能を持つスーパーコンピューター、ユージン (JUelicher blueGene/P : JUGENE) を備えており⁶⁸、このスーパーコンピューターを利用して、脳のシュミレーションを行い、脳のモデルを製作している。なお、ユージンは、ユーリッヒ研究センターがIBM社 (米) と共同で開発したものである。

(△) 神経科学・医療研究院における脳研究は、生理学的データの収集を中心とするものであるのか、それとも、脳のモデルを利用する研究を中心としているのか、どちらであるか。

(○) 神経科学・医療研究院には複数の研究グループがあるが、全体では、モデル中心の研究と生理学的データ中心の研究の割合は半分半分と言ったところで、どちらとも言い難い。私の研究グループ (INM-4) では脳画像化装置の開発を行い、医療機関と提携して、臨床研究を実施しており、生理学的データ中心の研究を実施していると言える。他の研究グループでは、我々が提供するような生理学的データを基に、スーパーコンピューターを利用して、シュミレーションを行い、脳のモデルを製作している。だが、このように各研究グループにはつながりはあるものの、それぞれかなりの程度独立して研究を実施している。BMI関連の研究は開始したところであり、我々は4TのリアルタイムMRIを利用して、被験者の脳内を観察して、被験者の思考 (thoughts) を解読する研究を実施している。このような研究には、他の研究グループとの提携が必要になる。

⁶⁸ <http://www2.fz-juelich.de/jsc/jugene>

(△) ユーリッヒ研究センターが所有するスーパーコンピューターは、神経科学・医療研究院だけが利用するのか。

(○) 否。他分野も含めた全ての研究者が利用できる。

倫理・安全面の配慮について

(△) あなたたちは 9.4T MR-PET という高磁場の脳画像化装置を持つが、この装置は人体に対して悪影響を及ぼすことはないのか。

(○) 我々は同装置の人体に対する影響について研究してきたが、現在まで危険な影響は見つかっていない。MRI を利用するに当たって、危険性を考慮しなければならない点は、被験者が浴びる電磁波の総量である。我々は 3 台の MRI 装置を持っており、その 1 つが 9.4T MRI-PET である。実は、この大型 MRI 装置を利用した実験において、被験者はより小型の MRI 装置を利用する実験で浴びる電磁波よりも多くの電磁波を浴びるわけではない。なぜなら、9.4T MRI-PET はより高性能なので、電磁波を浴びる時間が少なくて済むからである。従って、被験者が浴びる電磁波の量は、9.4T MRI-PET においても、より小型の MRI においても同様である。安全性の問題は妥協できるものではなく、常に安全基準に従うように研究を実施しなければならない、我々にとって挑戦である。

(△) 研究プロジェクトの倫理・安全面の検証はどのようにして行われるのか。また、どのような機関が検証するのか。

(○) 研究開発を行う際に、我々は研究における倫理面の問題を所管する委員会に、研究プロジェクトの内容とともに、それが含むリスク等について報告しなければならない。このような組織はドイツの州毎に設置されている。我々の場合、ユーリッヒの隣にあるアーヘン市にある大学を通して、同種の委員会に研究プロジェクトを提出するが、提出後、委員会の申し出に応じて、プロジェクトを修正しなければならない。通常の場合は、このように特別に設置された倫理委員会が研究開発の法的側面を検査する。

また、全ての研究は CE マーク⁶⁹が付き、一定の要件が認証された機器や装置を使って行われなければならない。だが、CE マークは売買可能な製品向けのものであり、装置の開発に関してはまた別の話である。ドイツには、アメリカの FDA (アメリカ食品医薬品局) に類似する組織があり、我々が MRI のような装置を開発する際には、その組織に研究開発に関わる書類を全て提出しなければならない。その組織が装置に危険がないか検証し、人体を研究可能かどうか、安全性を確認する。9.4T MR-PET に関しては、2 段階のステップを踏むことになっており、先ほども申し上げたように、現在は健常者を対象に実験を行っており、来年から障がい者を対象にした実験を開始する。このようにして、我々は装置を販売することができる。放射線を使う装置に関しては、また別の機関が装置を検査する。また、神経科学・医療研究院の内部には、

69

<http://www.industrie.gouv.fr/libre-circulation-produits/eng/marquage-ce.php>

神経倫理学を研究するグループも設置されている。

(△) 神経倫理学を研究するグループと他の脳研究グループは提携して、研究活動を行っているのか。例えば、前者のグループが他のグループの研究プロジェクトを検証することはあるのか。

(○) 否。神経倫理学のグループは直接に脳研究に関与することはなく、より哲学的な問題を探求している。例えば、健常者の脳を研究している際に、腫瘍を発見した場合、それをどのように被験者に伝えるか、また、若い被験者がゆっくりと進行していく治療不可能な病気に罹患していることが発見された場合、現時点でそれを伝えるべきなのか等、様々なシナリオについて考察している。従って、彼らが脳研究のプロジェクトを検証し、審査するようなことはない。

(△) あなたの研究院には、内部組織として研究プロジェクトを倫理・安全性の側面から審査する委員会は設置されているのか。

(○) 否。なぜなら、州毎に設置されている委員会がプロジェクトを審査するので、内部組織を設置しても二重になるだけであるからである。

(△) 日本では、総務省の「脳と ICT に関する懇談会」という組織が脳情報通信研究の指針について、2011 年に最終取りまとめを発表している。同組織は、その中で倫理・安全面のガイドラインの作成するために、幾つか重要な点（インフォームド・コンセント、偶発的所見への対応、個人情報保護等）を定めている。ドイツには、このような包括的なガイドラインを作成する動きはあるか。

(○) 偶発的所見への対応については現在議論が進められており、論文も何本か書かれている。例えば、研究者は脳のデータを集め、現在の知識によって、データを分析する。だが、10 年後、新しい知見を持ち、同じデータを分析する際には、新たな発見があるかもしれない。だが、その際、我々はそのデータを提供した被験者にコンタクトを取ることができない。これは問題ではないか。

また、ガイドラインを作成するのは簡単だが、それは科学の発展を阻害することもありうるので、これは複雑な問題である。

(△) 脳研究をする際には、ドイツでは、どのような法律を遵守しなければならないのか。州毎に設置された倫理委員会によって異なるのか。

(○) 各州の倫理委員会は共通の基礎的な法律を持ち、最も重要なものの 1 つとしては、PET 等の放射線の利用に関わる法律であり、ついで、医療機器の開発に関わる法律である。

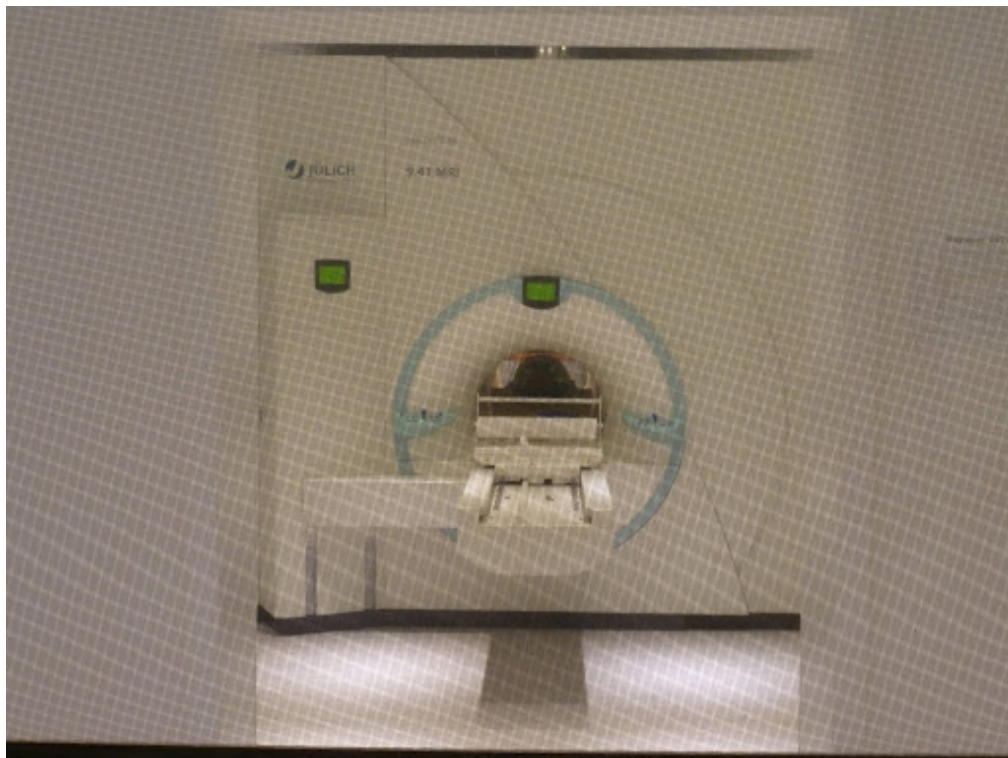
写真：N・ジョン・シャー氏

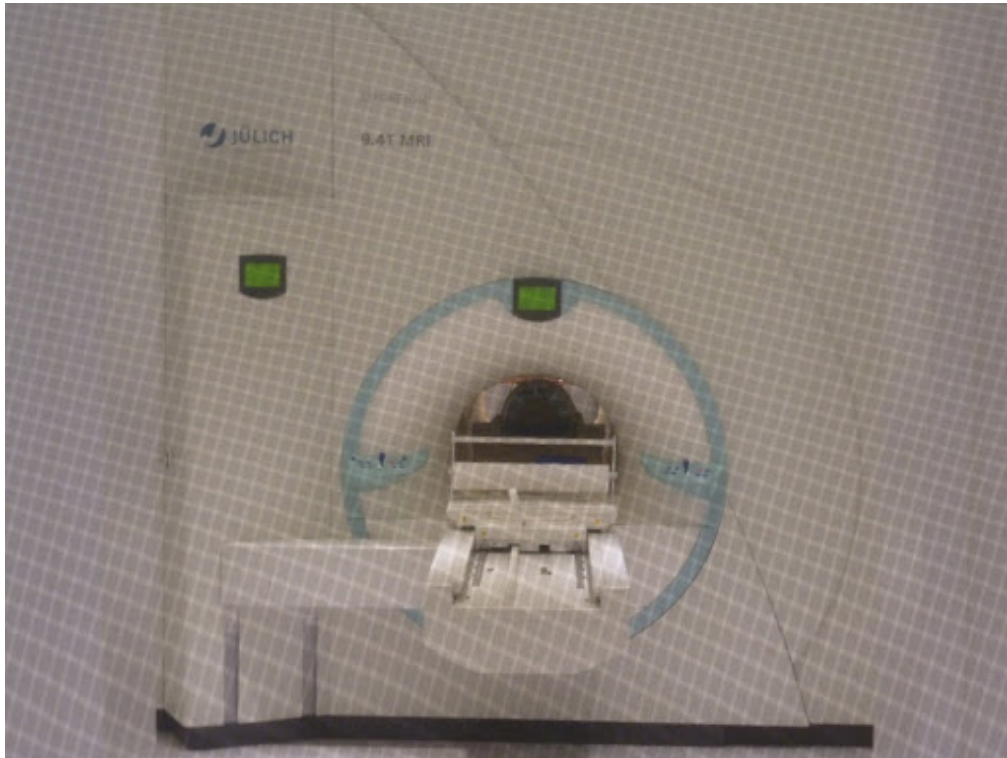


撮影：小野浩太郎

9.4T MR-PET の見学

ヒアリング終了後、シャー氏に 9.4T MR-PET 装置を拝見させていただいた。この装置は非常に巨大なものであり、また、装置が設置されている部屋の天井部と床下は、50cm 以上の厚みに重ねられた薄い鉄板によって保護されている。





撮影：菱沼宏之

参考情報

ヘルムホルツ協会 ユーリッヒ研究センター 神経科学・医療研究院

神経科学・医療研究院は、内部に8つの組織を持ち、それぞれ脳神経に関する研究を、MRI、PET、分子生物学、解剖学、遺伝学、物理学、情報科学等の様々なアプローチを利用して実施している。以下、同研究院の研究グループの概要である。

INM-1：脳組織の構造・機能⁷⁰（人間脳の複合写像の実験研究）

INM-2：脳の分子組織⁷¹（脳の分子・細胞の組織原理の解明）

INM-3：認知神経学

INM-4：医療画像物理学⁷²（MRI、PET、MEG等の脳画像技術の研究開発）

INM-5：核化学⁷³（PET関連技術の発展）

INM-6：計算・システム神経科学⁷⁴（実験データをモデルに統合する研究やシミュレーション技術の研究）

⁷⁰ <http://www2.fz-juelich.de/inm/inm-1/index.php?index=396>

⁷¹ http://www.fz-juelich.de/inm/inm-2/EN/Home/home_node.html

⁷² http://www.fz-juelich.de/inm/inm-4/EN/Home/home_node.html

⁷³ http://www.fz-juelich.de/inm/inm-5/EN/UeberUns/ueberUns_node.html

⁷⁴ http://www.fz-juelich.de/inm/inm-6/EN/Home/home_node.html

INM-7：神経モデレーション⁷⁵（神経疾患及び精神疾患治療向けの神経モデレーションに関わる革新的な方法と医療端末の開発）

INM-8：神経科学における倫理学⁷⁶（神経科学が引き起こす哲学・心理学・倫理・社会問題の研究）

以上のように、神経科学・医療研究院では、倫理学の研究グループも含め、多様なアプローチで脳研究を実施している。

オーストリア

オーストリアの脳情報通信の研究開発動向では、グラーツ工科大学による研究開発と、BCIの研究開発及び販売を行っている民間企業グーガー・テクノロジーズ社の動向が注目される。また両組織は、同一のFP7プロジェクトに幾つも参加しており、非常に密接な関係を保っていると考えられる。

グラーツ工科大学

グラーツ工科大学では、知識発見研究院のBCI研究所⁷⁷で、BCIシステムと脳機能イメージンの研究が実施されている。同大学ではEEGに基づくBCIの研究が1990年代から実施されており、非侵襲型BCI研究を伝統的に行っている機関の一つである。同研究所では、特にEEG記録、脳信号とバイオ信号一般のオンラインプロセッシングとオフラインプロセッシング、脳パターンの抽出、検知、分類、神経フィードバックシステムの研究に焦点が当てられている。また、BCIの応用システムの開発も行われており、健常者及び障がい者を対象にスペリング端末、コンピューターゲーム、仮想環境におけるナビゲーションシステム等の実験を行っている。また、現在まで、非常に多くのEUの枠組計画によるプロジェクトに参加しており、FP7では、Future BNCI⁷⁸、DECODER⁷⁹、BETTER⁸⁰、BRAINABLE⁸¹、TOBI⁸²に参加している。

グーガー・テクノロジーズ社

グーガー・テクノロジーズ社⁸³は、1999年に創業された企業であり、BCIの研究開発及び販売を行っている。同社製品は世界60カ国で販売されている。例えば、2009年には家庭用のBCIシステム「IntendiX-SPELLER」を実用化しており、これは患者が思い浮かべた文字をPC上に示すことを可能にするシステムと機器である⁸⁴。2012年には、BCIシステムによって、ビデオゲームを含め、コンピューターを利用するこ

⁷⁵ http://www.fz-juelich.de/inm/inm-7/EN/Home/home_node.html

⁷⁶ http://www.fz-juelich.de/inm/inm-8/EN/Home/home_node.html

⁷⁷ <http://bci.tugraz.at/>

⁷⁸ <http://future-bnci.org/>

⁷⁹ <http://www.decoderproject.eu/>

⁸⁰ <http://www.iai.csic.es/better/>

⁸¹ <http://www.brainable.org/en/Pages/Home.aspx>

⁸² <http://www.tobi-project.org/>

⁸³ <http://www.gtec.at/>

⁸⁴ <http://www.intendix.com/>

とを可能にする「IntendiX-SOCI (screen-overlay-control-interface)」を発表している⁸⁵。両者には、GAMMAキャップと呼ばれる脳波を計測するヘッドギアを装着し、それをPCと接続するシステムが利用される。同社のウェブサイトには、BCI製品や研究開発の様子を伝える多数の動画が公開されているが、それらによれば、BCIを医療分野で利用するプロジェクトだけではなく、BCIを利用したロボットの遠隔操作等の研究も行っているようである⁸⁶。

同社は、非常に多くのBCIに関わるEUのプロジェクトに参加している。例えば、他のFP7プロジェクトに関しては、DECODER、BETTER⁸⁷、BRAINABLE⁸⁸、Futur BNCI⁸⁹、RENACHIP⁹⁰、SF⁹¹、SM4ALL⁹²、TOBI⁹³、VERE⁹⁴、BACKHOME⁹⁵に参加しており、FP6においては、PRESENCIA⁹⁶に参加していた。また、同社は、1年に1度、BCIに関する研究開発を表彰するイベント、「The Annual BCI Research Award」⁹⁷を主催し、優秀なプロジェクトに賞金を授与している。このような積極的な活動から、同社は欧州において、BCI開発の主要企業の一つであることがわかる。

資料：ゲーガー・テクノロジーズ社製品

⁸⁵ <http://www.youtube.com/watch?v=JjAkBSGyjk>

⁸⁶ <http://www.gtec.at/Research/Videos>

⁸⁷ <http://www.iai.csic.es/better/>

⁸⁸ <http://www.brainable.org/en/Pages/Home.aspx>

⁸⁹ <http://future-bnci.org/>

⁹⁰ <http://www.renachip.org/Default.aspx>

⁹¹ <http://specs.upf.edu/sf/>

⁹² <http://www.sm4all-project.eu/>

⁹³ <http://www.tobi-project.org/>


⁹⁴ <http://www.vereproject.eu/>

⁹⁵ http://cordis.europa.eu/projects/rcn/101842_en.html


⁹⁶ <http://www.presencia.org/>

⁹⁷ <http://www.bci-award.com/>


A g.MOBIlab+ EEG version multi-purpose version




B g.USBamp 16 channels 32 channels 48 channels 64 channels




C g.Hilamp 80 channels 144 channels 256 channels




EyeTracker




g.PMI




g.EEGcap



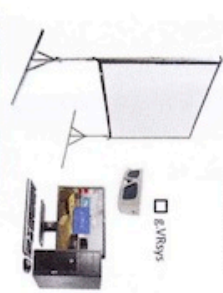
g.GAMMcap




Electrodes: active passive dry



g.ViSys



Consumables

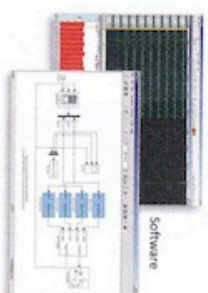


Examples: g.Recorder g.SSanalyze g.Hilops (Stimulink) g.Hilops (LabVIEW) Interdix BCC2000 C/MATLAB API g.MATLAB API g.RTnalyze g.PHYSIOserver g.RUDPInterface

Request an offer for a complete lab: minimum basic advanced

Training material: EEG lecture EP lecture BCJ lecture


Software: g.ViSys




g.Sensors

- Blood pressure
- Respiration
- Temperature
- Pulse
- Acceleration
- More sensors

Electrical stimulator



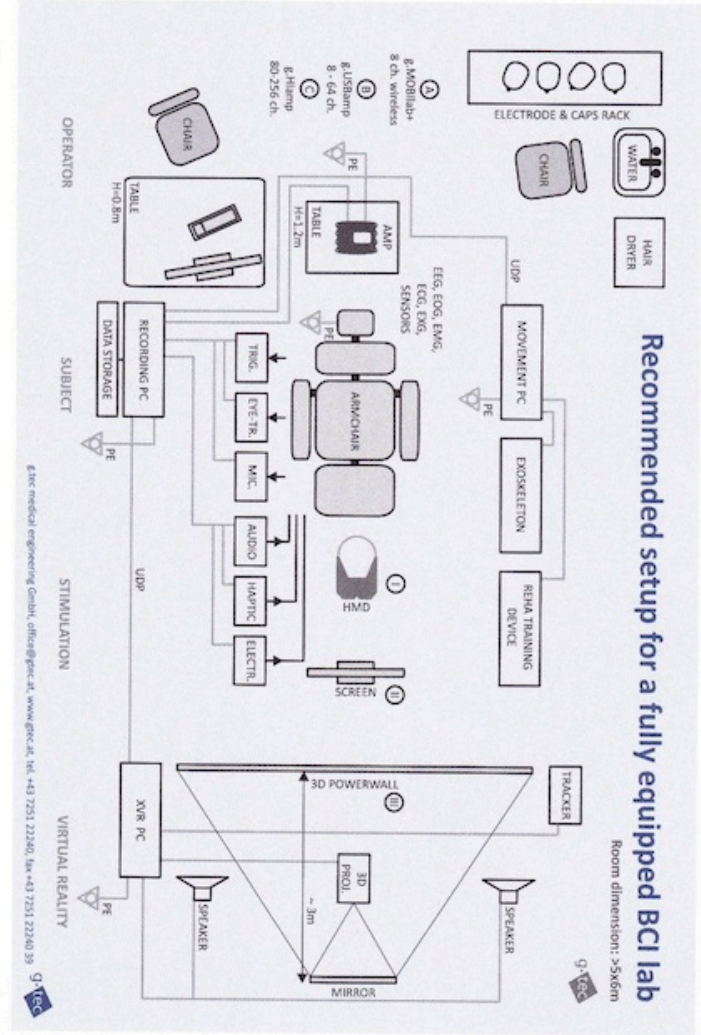
g.STIMbox g.SSVEPbox



Check products of interest and request an offer per fax (+43 7251 22240 39) or e-mail (office@gtec.at) !

Recommended setup for a fully equipped BCI Lab

Room dimension: >5x6m



g-tec

オランダ

オランダにおける脳情報通信の注目すべき動向として、ブレイン・ゲインプロジェクト、ラートボウト大学及びトウェンテ大学、フィリップ社における研究開発について記す。

ブレイン・ゲインプロジェクト

ブレイン・ゲインプロジェクト⁹⁸は、オランダの経済・農業・技術革新省の傘下にあるNL庁⁹⁹のスマート・ミックスプログラムから助成されている。スマート・ミックスプログラムは、オランダ国内の経済、社会、文化に関わる技術革新を支援する研究支援政策で、プロジェクトは一年間に数百万ユーロの助成金を、4～8年間に渡って支給されている。

ブレイン・ゲインプロジェクトは、2007年9月に開始され、2013年12月に終了予定であり、特にBCIに関する研究プロジェクトを実施している。研究テーマとしては、BCIによる障がい者の生活支援技術（車いすのコントロールやコミュニケーション・ツール）、健常者向けBCI応用ツール（ビデオゲーム等）、BCIのためのEEG計測、神経刺激による異常な脳活動の調整、ニューロフィードバックとトレーニングによる脳活動の自己調整である。コンソーシアムには、多数の組織が参加している。研究機関としては、ラートボウト大学、トウェンテ大学、マーストリヒト大学が参加しており、その他、国内の医療センター、フィリップス社、シーメンス社等の民間企業、パーキンソン病等の障がい者団体等が参加しており、産学及び市民団体を連携させるコンソーシアムである。

ラートボウト大学

ラートボウト大学では、ドンデルス・脳・認知・行動研究院¹⁰⁰で、積極的に脳情報通信に関わる研究が実施されている。同研究院には全体で500名以上の研究者がおり、大規模な研究機関である。同研究院では4つの研究テーマ（「言語とコミュニケーション」、「知覚・行動・コントロール」、「学習・記憶・柔軟性」、「脳ネットワークと神経コミュニケーション」）を持ち、主に脳の認知メカニズム等のHHS分野と計測基盤技術（fMRI技術の改善等）の研究開発が実施されている。同研究院は、1.5T及び3T MRIシステム、EEG研究所、MEGシステムを備えており、脳のデータ計測を盛んに行っている。また同研究院は、ドイツのマックス・プランク・心理言語学研究院と提携して研究を実施している（同研究院はラートボウト大学の敷地内に設立されている¹⁰¹）。また、ラートボウト大学のコンピューティング・情報科学研究院では、大量

⁹⁸ <http://www.nici.ru.nl/cgi-brain/index.cgi?page=index;lang=en>

⁹⁹ <http://www.agentschapnl.nl/en/node/110183>

¹⁰⁰ <http://www.ru.nl/donders/>

¹⁰¹ <http://www.mpi.nl/>

の脳イメージデータを解析する研究が実施されており、ドンデルス・脳・認知・行動研究院と連携して研究を進めている。

トウェンテ大学

トウェンテ大学の電子工学・数学・コンピューターサイエンス学科¹⁰²の人間メディア・インタラクション専攻には、BCI研究グループが設置されている。同グループでは、健常者向けのBCIツールが研究されており（EEGを利用したビデオゲームの操作ツール）、ブレイン・ゲインプロジェクトに参加している。

フィリップス社

電機・家電製品の製造で世界的に有名なフィリップス社¹⁰³は、同社の研究部門において、医療用イメージング機器の研究開発に取り組んでおり、脳計測基盤技術となる最新鋭のPETやMRIを開発し、販売している。同社のドイツ系企業フィリップス・テクノロジーズ社は、FP7 プロジェクトの「**SUBLIMA: PET/MRイメージングにおけるSUBナノ秒レベレッジ**」¹⁰⁴にコーディネーターとして参加している。同プロジェクトは、高性能同時PET/MR技術を開発することを目的とし、全体予算が1600万ユーロを超える大型の研究プロジェクトである。

フィンランド

フィンランドは、アールト大学¹⁰⁵で脳情報通信の総合的な研究が実施されており、ヘルシンキ脳研究センターという独立した研究機関も設立されている。

アールト大学 生物医療工学・計算科学科

アールト大学の科学部の生物医療工学・計算科学科¹⁰⁶では、積極的に脳情報通信に関わる研究が実施されている。同科では、生物医療工学と生物物理学、計算複雑システム、脳と精神の3つのテーマが研究されており、BFI分野、BCI分野、HHS分野、脳計測基盤技術の研究をカバーしている。

生物医療工学・計算科学科 生物医療イメージ処理研究グループ

生物医療イメージ処理研究グループ¹⁰⁷が脳計測基盤技術に関わる研究を実施して

¹⁰² <http://hmi.ewi.utwente.nl/>

<http://hmi.ewi.utwente.nl/showcases/Brain%20Computer%20Interaction>

¹⁰³ フィリップス社は世界規模の企業で日本語の参考情報も多い：

http://www.healthcare.philips.com/jp_ja/about/company/historyandtimeline.wpd

http://www.innervision.co.jp/expo/pet_petct/philips/gemini_tf/index.html

http://www.healthcare.philips.com/jp_ja/products/nuclearmedicine/products/geminitf/index.wpd

<http://www.innervision.co.jp/suite/philips/technote/index.html>

¹⁰⁴ <http://www.sublima-pet-mr.eu/>

¹⁰⁵ アールト大学は、2010年にヘルシンキ工科大学、ヘルシンキ経済大学、ヘルシンキ芸術・デザイン大学が合併して設立され、工学部門に関しては、ヘルシンキ工科大学のものを引き継いでいる。

¹⁰⁶ <http://becs.aalto.fi/en/research/>

¹⁰⁷ http://becs.aalto.fi/en/research/image_and_signal/

おり、fMRIやDT-MRIによる脳のイメージを研究している。また同学部は、FP7 のMEGMRIプロジェクト¹⁰⁸というMEGとMRIのハイブリッド計測システムを開発するプロジェクトにコーディネーターとして参加している。

生物医療工学・計算科学科 計算複雑システム研究・エクセレントセンター

計算複雑システム研究エクセレントセンターでは、脳の認知メカニズムの研究（HHS分野）が、MEG、EEG、fMRIを用いて実施され、またBFI分野¹⁰⁹、BCI分野の研究¹¹⁰や脳の計算モデルの研究¹¹¹も実施されている。BFI分野に関しては、複数の異なる分野、例えば、コンピューターシステム、ソーシャルネットワーク、金融・経済システム、生命システムを全てネットワークという概念で捉えて、研究し、各分野に新たな発見をもたらすことを目指す。

生物医療工学・計算科学科 脳と精神研究所

脳と精神研究所¹¹²では、精神機能とその神経メカニズムの研究が、EEG、fMRI、EEGを用いて実施されている（脳画像処理とHHS分野）。研究事例としては、音楽を聴いているときの脳イメージング研究等がある。同研究所は、マルチノス生物医療イメージングセンター（米）、ジョージ大学医療センター（米）、ノースウェスタン大学聴覚神経科学研究所（米）、グルノーブル大学スピーチ・認知研究科（仏）と提携している。

アールト大学 Lounasmaa研究所 脳研究チーム

アールト大学に設置された独立研究所Lounasmaa研究所¹¹³には、脳研究チームが設置されており、特にMEGを用いた研究が実施され、またfMRIとMEGを組み合わせる研究も実施されている。

アールト大学 aivoアールトプロジェクト

アールト大学では、2008年より「aivoアールト」という脳の学際的研究プロジェクト¹¹⁴が実施されている。同プロジェクトでは、社会経済分野での意思決定の際、また、映画を鑑賞している際の脳活動を研究する。アールト大学の科学部、経済学部、芸術・デザイン学部が提携して、同プロジェクトの実施にあたっている。

ヘルシンキ脳研究センター

ヘルシンキ脳研究センター¹¹⁵は、ヘルシンキ大学、ヘルシンキ大学中央病院、アー

¹⁰⁸ <http://www.megmri.net/>
http://cordis.europa.eu/projects/rcn/86685_en.html

¹⁰⁹ <http://www.lce.hut.fi/research/mm/complex/>

¹¹⁰ <http://www.lce.hut.fi/research/css/bci/>

¹¹¹ <http://www.lce.hut.fi/research/eas/compneuro/>

¹¹² <http://becs.aalto.fi/bml/>

¹¹³ <http://ltl.tkk.fi/wiki/BRU>

¹¹⁴ <http://www.aalto.fi/en/research/multidisciplinary/aivoaalto/>

¹¹⁵ <http://www.hbrc.helsinki.fi/whatis.html>

ルト大学の研究者によって構成される。研究テーマとしては、脳の聴覚認知プロセス及び言語活動時のイメージング（HHS分野）、脳の認知プロセス研究の医療分野への応用、MEG、EEG、fMRI、TMS技術を組み合わせて利用する方法の研究である。

スイス

スイスのローザンヌ連邦工科大学¹¹⁶は、脳情報通信の総合的な研究開発を実施している欧州で有数の研究拠点の1つである。

ローザンヌ連邦工科大学

生命科学部 ブレイン・マインド研究院

2002年に生命科学部に設置されたブレイン・マインド研究院¹¹⁷では、脳神経科学に関わる研究が盛んに実施されている。脳機能の根本原則を理解することを目標に、様々なアプローチを利用し、研究成果を総合する学際的な脳機能研究に取り組んでいる。主な研究テーマは、分子神経科学、細胞神経科学、システム神経科学（脳の感覚機能と身体行動の連結システムの研究等）、行動神経科学（脳の学習及び記憶機能の研究等）、認知神経科学（脳の認知プロセス等、HHS分野の研究¹¹⁸）、精神病理神経科学（障がい者の脳計測の研究等）、計算神経科学（理論、モデル、データ分析、ロボット工学への応用、脳のデータベースの製作等）である。

ブレイン・マインド研究院 ブルー・ブレインプロジェクト

ブレイン・マインド研究院では、人工脳の製作を目指すブルー・ブレインプロジェクトが実施されている。

人工脳の製作の成果は、他の神経科学研究をより効果的なものとするとともに、脳の仕組みを学ぶことによって新しいコンピューター技術を開発することを可能にする。したがって、人工脳の研究は、BFI分野の研究とも深いつながりを持つ。その他、例えば、研究者が薬の効用を確認すること、新しい治療法を発見すること、実験動物の数を減少させることが可能になる。

同プロジェクトの目標は、1) 脳モデルの構築を可能にする脳シュミレーション施設の構築、2) ネズミの体性感覚皮質にある新皮質カラムのモデルの製作とその証明、3) 同モデルを利用して脳の機能と構造を支配する基本原則を発見すること、4) これらの原則を利用し、より詳細な脳モデルをつくり、人間の脳の完全なモデル化を行うための戦略を発展させることである。

同プロジェクトは、2005年に開始され、実験用ネズミの脳皮質カラムのシュミレーティングにはすでに成功し、最終的には人間の脳の完全なシュミレーションを目指す。なお、ブレイン・マインド研究院は、米IBM社と協定を結び、同社のスーパーコンピューターであるBlueGene/Lが同プロジェクトで利用されている¹¹⁹。

¹¹⁶ <http://www.epfl.ch/>

¹¹⁷ <http://bluebrain.epfl.ch/>

¹¹⁸ <http://lnco.epfl.ch/>

¹¹⁹ <http://bluebrain.epfl.ch/page-58110-en.html>

ブルー・ブレインプロジェクトのパートナーは、ヘブライ大学（イスラエル）、IBM（米）、聖エリザベス医療センター（米）、マドリード工科大学（西）、ロンドン大学（英）、ネバダ大学（米）、イエール大学（米）の研究者である。

ブルー・ブレインプロジェクトの延長として、ブレイン・マインド研究院は、FP7 の人間脳プロジェクト（HBP）にコーディネーターとして参加している。同プロジェクトは、全予算が 1000 万ユーロを超える大型のプロジェクトであり、人間の脳を対象に、脳に関するあらゆる研究を統合することを目指すものである。

工学部 生体計測イメージンググループ

工学部に設置された生体計測イメージンググループ¹²⁰では、脳情報計測研究が実施されており、同大学の他の研究グループと提携して活動している。研究テーマとしては、最先端のイメージング技術（MRI、CT、PET、超音波）や 3D イメージング技術の開発である。

工学部 マルチメディア信号プロセッシング研究グループ

工学部に設置されたマルチメディア信号プロセッシング研究グループ¹²¹では、BCI に関する研究が実施されている。例えば、「BCI と感情コンピューティングに基づくインテリジェント・マルチメディア・プレイシステム」という音楽やビデオのプレイバックリストを BCI を利用して作成する技術の開発が進められている（研究期間：2010 年 1 月～2013 年 11 月）¹²²。同プロジェクトでは、BCI システムが音楽を聞こうとしているユーザーの脳波を検知し、ユーザーに対してほぼ自動的に楽曲を選択するシステムの開発が実施されている。

コンピューター・通信学部 計算生物学

コンピューター・通信学部の計算生物学科¹²³では、BFI 分野の研究が実施されている。生物に着想を得たロボットやコンピューターシステムを開発することを念頭に置き、脳等の生体情報処理システムを解明する研究等が実施されている。

ヒアリング議事録：スイス / ローザンヌ連邦工科大学

我々は、ローザンヌ連邦工科大学の生物工学研究院教授 ホセ・デル・R・ミラン氏にヒアリング調査を行った。ミラン氏は、FP7 の TOBI (Tools for brain-computer interaction) プロジェクトのコーディネーターを務めており、BCI 分野の研究を欧州で精力的に実施している。我々は、特に次の 3 点、1) 先方の研究チームの活動動向及びブルー・ブレインプロジェクトとの関係、2) FP7 の TOBI プロジェクトの概要、3) 欧州における BCI 研究に関する倫理・安全面のガイドライン、原則や規則の運用及び策定動向についてお話を伺った。

¹²⁰ <http://bigwww.epfl.ch/>

¹²¹ <http://mmspg.epfl.ch/page-58318-en.html>

¹²² <http://mmspg.epfl.ch/page-58348.html>

¹²³ <http://ic.epfl.ch/page-77746-en.html>

日程

2012年6月6日

場所

先方事務所（スイス・ローザンヌ連邦工科大学）

先方：(○)

ローザンヌ連邦工科大学 生物工学研究院 非侵襲BCI研究グループ責任者¹²⁴：ホセ・デル・R・ミラン氏（José del R. Millán）¹²⁵

当方：(△)

NICT 欧州連携センター長：菱沼 宏之

ONOSO 研究員：小野 浩太郎

ヒアリング概要

先方の研究チームの概要及びブルー・ブレインプロジェクトとの関係について

(△) まず、あなたが専門とする研究領域について教えていただきたい。

(○) 私は元々コンピューターサイエンティストで、人工知能やロボット工学を専門としていた。脳情報通信の BCI に関わる研究はすでに 16 年間行っている。ローザンヌ連邦工科大学に来る前は、イタリアで研究を行っていた。

(△) あなたが責任者を務めるローザンヌ連邦工科大学 非侵襲BCI研究グループ¹²⁶の人員規模と予算規模について教えていただきたい。

(○) 我々は、全部で 23 名の小さな研究グループである。予算について詳しくお話することはできないが、人数から想像していただきたい。なお、我々は「デフィテック財団 (Defitech)」という団体から資金を供給されている¹²⁷。この団体は、障がい者の生活改善を目的とする研究開発を支援している。

(△) どのような BCI に関わる研究を実施しているのか。

(○) 主に非侵襲の BCI 技術の研究を実施しており、同技術の原理的な部分の研究と、応用技術の研究を行っている。後者に関しては、より効果的な技術を開発するために、BCI 技術のユーザーが、毎日長時間利用できるようなツールの開発を目指している。後でお話する予定の FP7 の TOBI プロジェクトは障がい者向けの研究であるが、我々のチームは本来障がい者向けだけではなく、健常者向けの研究も実施している。現在はスイス国内のプロジェクト、欧州のプロジェクト、産業パートナーとの共同プロジェクトを実施している。

障がい者向けの研究としては、BCI 技術を利用して運動能力及び認知能力を補助するツールの開発を行っている。実際に、病院や医療施設、リハビリテーションセンタ

¹²⁴ BCI は Brain-Computer Interface の略。

¹²⁵ 2011 年 10 月に、ミラン氏は非侵襲の BCI 研究に対して、IEEE よりノバート・ウィナー賞を受けている。http://www.tobi-project.org/norbert_wiener_award

¹²⁶ <http://cnbi.epfl.ch/>

¹²⁷ <http://www.defitech.ch/fondation>

一等で開発した器具を患者に利用してもらった実験も行っている。

健常者向けの研究としては、BCIシステムを自動車へ搭載する研究プロジェクトを挙げることができる。我々は2011年より日産と提携し、BCI技術を利用して、より安全に自動車を運転することを可能にするシステムを開発している¹²⁸。例えば、右に曲がろうとする時に、車両自身がBCIシステムを通して曲がる時のスピード等を調整し、より安全な運転が可能になる。なお日産とのプロジェクトは、産業パートナーとのプロジェクトの中では最も大きいものである。

また、BCI技術を利用して、宇宙空間でロボットを操作するためのアプリケーションも開発している。そのため、飛行機を飛ばし、上空から途中まで20秒間落下させて、無重力環境をつくり、そこで脳波を計測する実験を行っている。その結果によれば、無重力環境では脳波の動きが地上にいる時と全体的に異なるが、BCI技術の利用に関わる脳波に関しては変化がないことがわかった。したがって、無重力の宇宙空間でも、EEG (Electroencephalography) に基づくBCI技術を利用することが可能である。

(△) 侵襲のBCI技術の研究は実施していないのか。

(○) 脳に差し入れる電極を用いた研究も実施することはあるが、我々が主に非侵襲の研究を実施している。

(△) 他国のどのような機関と共同して研究を実施しているのか。

(○) 我々は多くの欧州プロジェクトを実施しているので、欧州に多くのパートナーを持ち、研究機関、医療機関、産業界、患者団体等と提携している。より詳しくは、TOBIプロジェクトにおける研究パートナーを見てほしい¹²⁹。その他では、非公式ではあるが、EEGのBCIシステムを開発しているオーストリアのゲーガー・テクノロジー社と提携している。欧州外では、アメリカ、そして、先ほども触れたように日本の日産と提携している。

(△) ローザンヌ連邦工科大学内の他の研究チームと連携して、研究を実施することもあるのか。

(○) その通り。大学内のニューロ・プロステティクスセンター¹³⁰と共同して研究を実施している。同センターでは、神経科学、工学、医学の学際的研究を実施しており、BCI等の先端技術の研究開発を行っている。我々は脳に差し込む電極をデザインしている神経工学や認知科学の専門家等、他の分野の研究者と共同して研究を実施している。

(△) ローザンヌ連邦工科大学では、ブルー・ブレインプロジェクトという人工脳の研究が実施されていると聞いたが、あなたは同プロジェクトとも連携してBCIの研究を実施しているのか

(○) ブルー・ブレインプロジェクトは、本学内のブレイン・マインド研究院という

¹²⁸ <http://actu.epfl.ch/news/nissan-teams-up-with-epfl-for-futurist-car-interfa/>

¹²⁹ ヒアリング概要末にTOBIプロジェクトの概要とともに、研究パートナーを記したので、そちらを参考のこと。

¹³⁰ <http://cnp.epfl.ch/>

研究チームが実施しているが、我々は彼らと直接提携しているわけではない。だが、もちろん我々は彼らの研究成果から利益を得ることができる。つまり、ブルー・ブレインプロジェクトは、脳のモデルを製作することを目指しており、BCI技術研究とは異なるが、彼らが製作した脳のモデルは最終的には我々の研究にも役立つだろう。

(△) あなた方は、ブルー・ブレインプロジェクトの研究チームと日々連絡を取り合っているのか。

(○) 否。機会があれば、連絡を取るだけである。ブレイン・マインド研究院は大学キャンパス内の別棟で研究を行っている。彼らは生理学者であり、脳の生理データを収集し、そこからスーパーコンピューターを利用して、(ボトムアップ的に)脳のモデルを製作している。

FP7 TOBIプロジェクトについて

(△) あなたは FP7 の TOBI プロジェクトのコーディネーターであると聞いた。ところで、スイスは EU 加盟国ではないが、スイスの研究機関は FP7 の研究プロジェクトのコーディネーターになることができるのか。

(○) スイスは FP7 の提携メンバー国の一つで、EU に研究開発分野では資金を提供しているので、FP7 のコーディネーターになることができる。

(△) FP7 の TOBI プロジェクトでは、どのような技術の開発を実施しているのか。

(○) 障がい者の生活の質とリハビリテーションの効果を改善するために、EEG に基づく非侵襲の BCI 技術を利用する実践的なツールを開発している。例を挙げると、コミュニケーションの補助システム (インターネットへのアクセス、テキストメッセージの送受信等)、腕等の身体動作の補助技術、ロボット等の遠隔操作技術、エンターテイメント向けのツール (ビデオゲームの操作、ソーシャルネットワークの利用、音楽の曲目選択、デッサン) を開発している。その他、我々は医療機関を TOBI プロジェクトのパートナーとして持つので、障がい者の方を対象に、実際に BCI 技術を利用するためのトレーニングプログラムも実施している。

(△) TOBI プロジェクトにおいて、ローザンヌ連邦工科大学が担当している研究は何か。

(○) 特に、BCI 技術を利用したロボットの遠隔操作や車いすの操作、腕の動作を補助する技術等を研究している。

(△) TOBI プロジェクトで開発された技術の商用化、もしくは一般普及の時期はいつ頃であるか。

(○) 我々の技術が、一般に普及する時期について述べることは難しい。理由は、商用化には大規模な産業パートナーが必要となるが、我々はまだ十分に資金を持つパートナーを得ていないからである。産業界は、まだ障がい者向けの BCI 技術に大きく関心を寄せていない。なぜなら、車いす等の器具は、患者一人一人に合わせて作らなくてはならないので、コストが非常にかかるからである。だが、今後状況は変わりうるであろう。

BCI研究における倫理・安全面での配慮について

(△) BCI 研究にあたって、研究の倫理・安全面で遵守すべき原則や規則、ガイドラインが必要になると思われる。異なる国の研究機関がコンソーシアムを形成し、共同で研究開発を進める FP7 のプロジェクトを実施するにあたって、倫理・安全面の問題についてはどのように対応したのか。

(○) 重要なことは、欧州全体で、人を対象とする研究に関する倫理面での統一した法的規則は存在せず、国毎に異なることである。国によって違うと言っても、関連する法律は多少似たものではあるが、完全には同じではない。なお、スイスやドイツは連邦国家であるので、各州はそれぞれ自律しており、各州が研究倫理に関わる委員会を持っているので、法律が一国内でも異なる場合がある。従って、まず我々は TOBI プロジェクトの初期段階で、プロジェクト参加国全ての国と州に対応して、インフォームド・コンセント等、研究倫理に関するテンプレート、もしくはプロトコルのようなものを作成した。また、書類は、すべての当事国の言語で書かれなければならなかった。これには非常に時間がかかったが、必要な作業であった。

(△) TOBI プロジェクトの倫理・安全面の規則に関して、どのような点が問題になったのか。

(○) BCI の実証実験に参加する人々には、実験内容に関して、インフォームド・コンセントを行うことが非常に重要である。また、我々は実験の終了規定についても明確に定め、一人に対して、5 回を超えてセッションは行わなかった。患者によっては、実験を長く続けたいと望む人もいたが、患者毎に脳は異なり、多くの患者に実験に参加してもらうことが必要であった。また、BCI の実験装置を自宅に持ち帰ることを望む患者もいた。

被験者の権利を保護することも非常に重要である。被験者の個人データに関しては、ごく限られた人にしか、それぞれ誰のデータであるか特定できないように匿名扱いしなければならないし、被験者が望むなら、常にそれらを消去しなければならない。また、被験者にはどの時点においても実験から離脱する権利が保証されなければならない。現在、欧州やアメリカでは、患者や被験者の権利の保護を非常に重要視する傾向がある。

(△) BCI によるロボット技術等は、兵器として戦場等で使用可能であると思われるが、この点についてはどうお考えであるか。

(○) 欧州では、BCI 技術は戦争兵器として使用することを目的に研究されてはおらず、各国の軍隊と共同で研究も進められていないので、そのような問題が差し迫っているわけではない。この点で、我々欧州の研究者は幸運であると言える。

(△) TOBI プロジェクト向けの倫理規則を誰が、どのように作成したのか。

(○) TOBI プロジェクト参加者には、医療施設等もあり、医師や介護者は倫理・安全面での規則に詳しいので、BCI 研究者が彼らと相談しながら作成した。最終的には、弁護士が、我々が作成した規則をチェックした。時折、TOBI プロジェクト内部で、

倫理面での問題について会議を開催することもあった。

(△) 欧州委員会は、BCI 研究に関わる倫理・安全面の詳しい規則等を定めた書類の提出を求めるのか。

(○) 欧州委員会は、簡単な研究倫理のガイドラインの提出を求めるだけである。重要なのは、国や州毎に異なる研究倫理に関する委員会が規定する規則を遵守することである。

(△) ドイツでは、脳研究を実施している機関に、神経倫理学を研究するグループも一緒に設置されている場合がある。ローザンヌ連邦工科大学でも同様の配慮がなされているか。

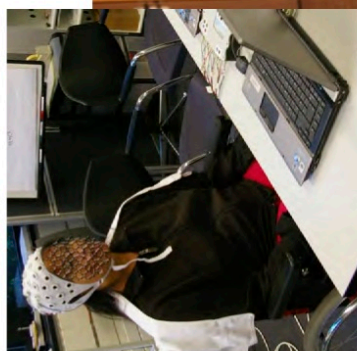
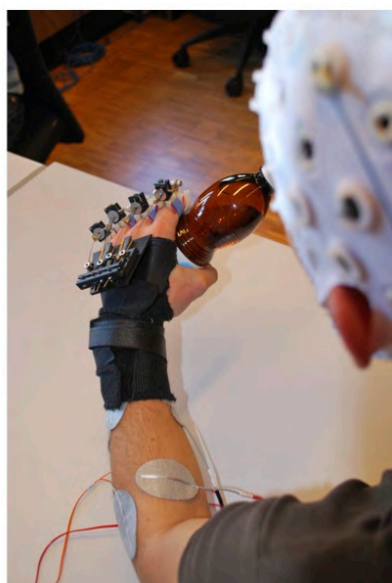
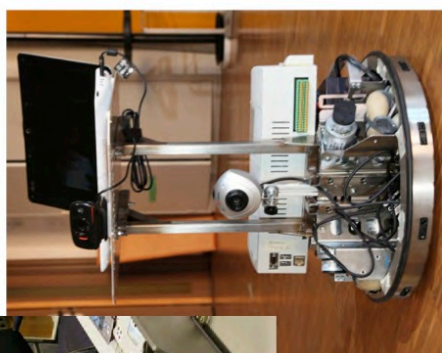
(○) ローザンヌ連邦工科大学内には、神経倫理学を研究するグループは設置されていない。

欧州におけるBCI研究の一般状況について

(△) BCI 研究分野に関しては、欧州ではドイツ、オーストリア、スイス、イタリア等の国で盛んに実施されており、フランスではあまり盛んではない印象を受けるが、どうお考えになるか。

(○) 確かにそのような側面はあり、ドイツ、オーストリア、イタリア、スイスでは、BCI 研究の長い伝統があり、フランスは最近になって同分野の研究を実施し始めた感は否めない。

「参考資料：ローザンヌ連邦工科大学 非侵襲 BCI 研究グループにおける研究活動の様子」



出典 ローザンヌ連邦工科大学

「BCI システムを利用する車いすの写真」



撮影者：菱沼宏之

スペイン

スペインにおける脳情報通信の研究開発の動向としては、バルセロナ大学、バルセロナ・デジタル技術センター、スターラブ社の研究開発動向を挙げる事ができる。

バルセロナ大学

バルセロナ大学の脳・認知・行動研究院¹³¹は、人間の行動を理解し、説明することを目標に、異なる分野の研究者を集め、学際的な研究を実施している。脳情報通信に関しては、同研究院の認知・神経科学研究グループ¹³²が、EEGに基づいて、MEGやfMRIと組み合わせながら、HHS分野、つまり脳の認知機能メカニズム（知覚、感情、記憶等）の研究を実施している。

さらに、バルセロナ大学の心理学部が、FP7 のVERE¹³³プロジェクトというHHSに関わるプロジェクトにコーディネーターとして参加している。VEREプロジェクトは予算額が1000万ユーロを超える大型プロジェクトである。同大学の脳・認知・研究院の認知・神経科学研究グループも同プロジェクトに参加している。

バルセロナ・デジタル技術センター

バルセロナ・デジタル技術センターは、主にICTの応用研究（医療、セキュリティ、交通、エネルギー、食料、環境部門）を実施している産官学連携の研究機関である。理事会には、カタルーニャ州政府、バルセロナ市役所、テレフォニカやスペインの幾つかの大学の他に、IBM やマイクロソフト等のスペイン系列会社が参加しており、日本からは富士通の子会社が加わっている。

脳情報通信に関しては、Eヘルス研究開発グループがBCIに関わる研究を実施している。同センターは、FP7 のBRAINABLE¹³⁴及びBACKHOME¹³⁵というBCI関連のプロジェクトにコーディネーターとして参加している。BRAINABLEプロジェクトは、BCIシステムを強化することによって、障がい者等の社会生活をより独立したものとすることを目標とし、BACKHOMEプロジェクトは家庭で利用可能なBCIシステムを開発することを目標としている。

スターラブ社

スターラブ社¹³⁶は、バルセロナに本拠地を持つ民間企業で、特に宇宙航空部門と神経科学の応用研究開発を実施している。脳情報通信に関しては、EEG、BCIに関わる研究開発を実施し、ワイヤレスのEEGデータ計測器具¹³⁷や最先端のEEG計測器具¹³⁸を系列企業を通して販売提供している。同社のウェブサイトによれば、パートナー及び顧客として、ダイムラー（独）、e2v社（英）、フィアット（伊）、IBM（米）、コダック（米）、シーメンズ（独）、テレコム・イタリア（伊）、タレス（仏）、CSEM（スイス）、ローザンヌ連邦工科大学（スイス）、ETH・チューリッヒ（スイス）、フ

¹³¹ http://www.ir3c.ub.edu/eng/pagina/17-About_us

¹³² <http://www.ub.edu/brainlab/angles/welcome.htm>

¹³³ <http://www.vereproject.eu/>

本報告書第1部第1章第2節を参照のこと。

¹³⁴ <http://www.bdigital.org/EN/rdi/Pages/DetallesProyecto.aspx?xid=9>

¹³⁵ <http://www.bdigital.org/EN/rdi/Pages/DetallesProyecto.aspx?xid=57>

¹³⁶ <http://starlab.es/>

¹³⁷ <http://www.neuroelectrics.com/>

¹³⁸ <http://www.biosemi.com/>

ラウン・フォーファー協会（独）、IMEC（ベルギー）、イペリアル・カレッジ・ロンドン大学（英）、INSERM（仏）、グラーツ工科大学（オーストリア）、ミュンヘン工科大学（独）、カレッジ・ロンドン大学（英）、バルセロナ大学（西）、VTT（フィンランド）等が挙げられている。FP7 では、BEAMING¹³⁹というプロジェクトにコーディネーターとして参加している。同プロジェクトは全予算額が 1000 万ユーロを超えるもの大型プロジェクトである。

第 5 節 欧州脳委員会の活動動向

欧州では、欧州脳評議会¹⁴⁰（European Brain Council）という脳研究に関わるステークホルダーが集まった非営利団体が 2002 年にブラッセルに設立されており、2012 年に設立 10 年目を迎えた。この団体は、欧州の神経学、脳神経外科学、精神医学、脳の基礎研究（神経科学）を実施している研究機関の代表団体及び患者団体、関連産業団体等、約 200 団体から構成される非常に大きな組織である¹⁴¹。

設立目的と活動

欧州脳評議会は、脳研究や治療の重要性の大きさと、それに対する研究補助金等の割当量のギャップを縮小することを目的にしており、同団体は、特に欧州委員会、欧州議会、世界保健連合（WHO）等と緊密に提携して活動している。

より具体的には、次のような活動を実施している。

- 評議会メンバーの間で、研究内容が重ならないように提携する。
- 欧州委員会、欧州議会等の EU 機関及び国際機関と相互に連絡を取り、これらの組織に働きかける。
 - ・ 特に欧州委員会の研究・技術革新総局（枠組計画の所管局）¹⁴²と提携し、欧州内での脳研究の分散化防止、若手研究者の育成、脳研究への助成金増額、脳研究と社会や患者団体の関係の緊密化を促す
- 脳に関する研究の教育の促進
- 欧州における脳研究及び脳疾患に関する情報の伝播
- 科学者と社会の間での対話の促進

以上のように、欧州脳評議会は欧州の脳研究ステークホルダーを提携させ、EU 諸機関に対して、代表して意見を伝える活動を実施している。現在まで、EU の枠組計画（Framework Program：FP）における脳研究の予算増額を欧州委員会に促しており、ホライズン 2020 に関しても同様である。同団体の 2011 年度報告書によれば、同団体が設立される以前に開始された FP5（1998-2002）においては、脳障害の研究に 8500 万ユーロが支給されただけが、FP6（2002-2006）においては 2 億 6000 万ユ

¹³⁹ <http://beaming-eu.org/>

¹⁴⁰ <http://www.europeanbraincouncil.org/>

¹⁴¹ 欧州脳評議会のメンバーに関しては、次のウェブサイトを参考のこと。

<http://www.europeanbraincouncil.org/membership/#honorary>

¹⁴² <http://ec.europa.eu/research/index.cfm?pg=dg>

一口、FP7（公募1、公募2、公募3のみ）においては3億8100万ユーロが至急されており、同団体の活動が非常に有効であったとしている。欧州脳評議会是一種のロビー活動を行っている団体と言える。

現在までの主な活動：欧州における脳障害費用 (the Cost for Disorders of the brain in Europe)

欧州脳評議会は、脳研究の重要性を示すために、EU加盟国、アイスランド、ノルウェー、スイス（約5億1400万人の人口）を対象に脳障害関連の医療費¹⁴³がどれほどかかっているか調査を行い、2005年と2010年に調査報告を行っている¹⁴⁴。2010年の報告によれば、全対象国を合わせて、同分野に7980億円が毎年使用されており、これは医療費全体において、約3分の1にあたるとしている。また、2005年の報告では3860億円であり、脳障害関連の医療費は拡大する傾向にある。

現在の主な活動：欧州における脳年 (Year of the brain in Europe)

欧州脳評議会の現在の目立った活動は、2014年に「欧州における脳年」¹⁴⁵という脳研究のプロモーション活動を行うための準備である。インターネットのウェブサイト上に、プロモーション活動のイメージ動画が公開されている¹⁴⁶。動画によれば、脳障害及び研究に関する啓蒙活動のため、各地で会議やイベントの実施、関連インターネットサイトの設置、ソーシャルネットワークの利用が考えられている。

欧州における脳年の実施背景

「欧州における脳年」の当初の計画では、欧州脳評議会が欧州委員会に働きかけ、欧州委員会の全面的な支援の下で、「脳欧州年2014 (European year of the Brain in 2014)」を実施する予定であり、欧州委員会もその予定でいたようである。だが、2011年3月に、欧州脳評議会は欧州委員会委員長に書簡を送り、欧州の経済状況を考慮して、脳欧州年2014の実施を取り止めることを伝えた。だが、すでにイベントプログラムの準備は進められているので、欧州委員会の関与を減少させた上で、イベント名を若干変更した上で、欧州における脳年2014を実施するとした。なお、欧州委員会は2013年5月に脳研究に関わる月間イベントを実施する予定である。

「欧州における脳年」の目標及び活動

- EU加盟国における脳障害に関するデータの増加
- 脳障害にかかる費用と結果についての関心の増加
- EUの枠組計画及び加盟国内における脳研究への資金増額
- 脳障がい者の生活改善のため、教育、情報提供、助言の強化
- 脳障がい者を介護している人々の役割の重要性を社会に認知させる活動

¹⁴³ ここで医療費には、直接医療費（医療品やサービス費用）、直接非医療費（社会介護費等）、間接費用（休業手当や早期退職費等）が含まれる。

¹⁴⁴ <http://www.europeanbraincouncil.org/projects/CDBE/2010/>

¹⁴⁵ <http://www.europeanbraincouncil.org/projects/eyob/>

¹⁴⁶ <http://www.youtube.com/watch?v=cwo1sSuN-bE>
<http://www.europeanbraincouncil.org/projects/eyob/materials.asp>

- 脳障害の健康上の違いについて注意を喚起すること
- 脳障害に関する様々なテーマに取り組むために、地方、国、欧州レベルで行動計画を展開すること
- 脳の正常な機能と発達を促進し、これを妨げる障害を取り除くこと。
- 今後 5～10 年の政策に影響を与えること
- 論争があり、困難なテーマへ取り組むこと
- 脳障害に関するオープンな議論や対話の実施の促進
- 社会全体を通じた提携の有用性を認知させること

第 2 章 欧州におけるバイオ ICT の研究開発動向

第 1 節 バイオ ICT の定義

まず、「バイオ ICT」と呼ばれる研究の定義について簡単に記す。日本の情報通信研究機構バイオ ICT 研究室では、細胞や生体分子システムのさまざまな機能の解析を行い、情報通信の新概念につながる萌芽的な要素技術の研究開発を進めている。欧州では、「バイオ ICT」という言葉は、脳情報通信も含む「生物(学)」と「ICT」の融合という意味を喚起させ、かなり広い意味で捉えられる場合がある。つまり、細胞や生体分子システムだけが研究対象ではなく、脳情報通信、動物型ロボット、人間や他の動物の感覚器官に類似する人工感覚装置、生化学に基づく ICT 等を意味する。EU の FP7 では、日本の意味でのバイオ ICT 研究は、特に「生化学に基づく ICT」という公募で研究プロジェクトが募集されている。

第 2 節 欧州連合の第 7 次枠組計画におけるバイオ ICT の研究開発動向

FP7 作業プログラムにおけるバイオ ICT の位置づけ

バイオ ICT の研究は FP7 ICT 部門の作業プログラムにおいて、2007 年以来、FET の公募枠で支援されている。WP2007-2008 では脳情報通信と一緒の公募枠でプロジェクトが募集されたが、WP2009-2010 から脳情報通信とは別に公募枠が設けられた。

« WP2007-2008 »

- ・ 公募タイトル:「バイオ・ICT 融合」(Objective ICT-2007.8.3: FET proactive 3: Bio-ICT convergence)
- ・ 予算: 2000 万ユーロ (脳情報通信に関わる研究も同公募で募集された)
- ・ 公募内容: 生体内の情報処理プロセスの理解、もしくは生物のシステムと結合可能なシステムの研究開発 (新しい計算パラダイムの構想、生物を模倣する人工物の開発、生体と電子機械を繋ぐインターフェイスの開発、生体と

ICT を結合させる人工物の開発等)

« WP2009-2010 »

- ・ 公募タイトル：「生化学に基づく IT」(Objective ICT-2009 8.3: FET Proactive 3: Bio-chemistry-based Information Technology (CHEM-IT))
- ・ 予算：700 万ユーロ
- ・ 公募内容：生体内の化学プロセスに着想を得た全く新しい情報処理技術を基礎づけるため、同プロセスをコントロールし、分析する手段を発展させ、プログラム可能な情報化学を実現させる研究。

以上のように、脳情報通信の公募と比べて、バイオ ICT の予算規模は小さい。

参考：脳情報通信関連の公募予算

- 「脳に着想を得た ICT」(Objective ICT-2009.8.8: FET proactive 8: Brain Inspired ICT)：予算：1500 万ユーロ
- 「人間とコンピューターの合流」(Objective ICT-2009.8.4: FET proactive 4: Human-Computer Confluence)：予算：1500 万ユーロ
- 「神経と生物に着想を得た ICT」(Objective ICT-2011 9.11: FET Proactive: Neuro-Bio-Inspired Systems (NBIS))：予算：2300 万ユーロ

FP7 におけるバイオ ICT に関する研究プロジェクト事例

以下に、FP7 におけるバイオ ICT の主な研究プロジェクト事例を示す¹⁴⁷。参加国としては、スペイン、イタリア、英国、フランス、ドイツが多い。欧州外からの参加国としては、イスラエルが多くのプロジェクトに参加している。

WP2007-2008

1)

タイトル名：化学センシングのための生物に着想を得た計算
プロジェクト正式名称：Biologically inspired computation for chemical sensing
プロジェクト略称：NEUROCHEM
公募テーマ：ICT-2007.8.3 Bio-ICT convergence
プロジェクトコーディネーター：バルセロナ大学 (スペイン)
研究期間：2008 年 1 月～2010 年 12 月 (36 ヶ月)
全予算：285 万ユーロ
FP7 拠出金：215 万ユーロ
プロジェクト参加者：スウェーデン王立技術研究院 (スウェーデン)、インリア (仏)、

¹⁴⁷ http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fet-proactive/bioict_en.html
<http://www.bio-ict.org/>
http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fet-proactive/chemit_en.html

マンチェスター大学 (英)、ポンペウ・ファブラ大学 (西)、CNR-IMM (伊)、レスター大学 (英)
ウェブサイト： http://cordis.europa.eu/projects/rcn/85363_en.html
研究内容：生物の嗅覚経路に着想を得て、化学センシングのための新しい計算パラダイムと生体を模倣をした人工嗅覚機器を開発する。

2)

タイトル名 ：ヒゲの触覚のための生体模倣技術
プロジェクト正式名称：Biomimetic technology for vibrissal active touch
プロジェクト略称：BIOTACT
公募テーマ：ICT-2007.8.3 Bio-ICT convergence
プロジェクトコーディネーター：シーフィールド大学 (英)
研究期間：2008年1月～2011年12月 (48ヶ月)
全予算：777万ユーロ
FP7 拠出金：539万ユーロ
プロジェクト参加者：ワイズマン科学研究所 (イスラエル)、ブレイン・ビジョン・システムズ (仏)、ノースウエスタン大学 (米)、ベン・グリオン・ネゲブ大学 (イスラエル)、フンボルト大学 (独)、SISSA (伊)、西イングランド大学 (英)、ローザンヌ連邦工科大学 (スイス)、ブリストル大学 (英)
ウェブサイト： http://www.biotact.org/
研究内容：ネズミのヒゲに着想を得た新しい触覚技術を開発する。各種ロボット工学への応用が検討されている。

WP2009-2010

3)

タイトル名 ：細菌コンピューティング
プロジェクト正式名称：Bacterial computing with engineered populations
プロジェクト略称：BACTOCOM
公募テーマ：ICT-2009.8.3 FET Proactive 3: Bio-chemistry-based Information Technology (CHEM-IT)
プロジェクトコーディネーター：マンチェスター・メトロポリタン大学 (英)
研究期間：2010年2月～2013年1月 (36ヶ月)
全予算：255万ユーロ
FP7 拠出金：194万ユーロ
プロジェクト参加者：ベルリン医科大学 (独)、イブリ・バル・デソンス大学 (仏)、

マドリード工科大学（スペイン）、カタルーニャ大学（スペイン）、ミュンヘン工科大学（独）
ウェブサイト： http://www.bactocom.eu/
研究内容：微生物を一つのマイクロマシーンとして考え、特に遺伝情報のやり取りのメカニズムを研究し、細胞の一定部分を人間が定めた目標を行うように再プログラムし、細胞のふるまいを変化させる。

4)

タイトル名：化学 IT のためのマトリックス
プロジェクト正式名称：Matrix for chemical IT
プロジェクト略称：MATCHIT
公募テーマ：ICT-2009.8.3 FET Proactive 3: Bio-chemistry-based Information Technology (CHEM-IT)
プロジェクトコーディネーター：シダンスク大学（デンマーク）
研究期間：2010年2月～2013年1月（36ヶ月）
全予算：363万ユーロ
FP7 拠出金：277万ユーロ
プログラム参加者：ボーヘム大学（独）、ワイズマン科学研究所（イスラエル）、ベネチア大学（伊）
ウェブサイト： http://fp7-matchit.eu/
研究内容：プログラム可能な情報化学を発展させるため、アドレス指定可能な DNA コンテナの産出システムを導入し、そのシステムと電子コンピューターを、MEMS 技術を用いて接続する。この研究は最終的に情報処理の計算能力を深く理解し、未来のより有機的なコンピューティングの構築のプラットフォームを与える。

第3節 欧州諸国におけるバイオ ICT の研究開発動向及び研究事例

ついで、欧州諸国におけるバイオ ICT の研究開発動向及び研究事例について記す。

英国

英国では、マンチェスター・メトロポリタン大学の新型コンピューテーション研究グループ¹⁴⁸において、バイオICTの研究が積極的に実施されている。同研究グループのマーティン・アモス教授¹⁴⁹は、化学、情報学、生物、工学、数学、生物医療科学の学

¹⁴⁸ <http://www.scmdt.mmu.ac.uk/RESEARCH/ncg/>

¹⁴⁹ <http://www2.docm.mmu.ac.uk/STAFF/M.Amos/>

際的な研究を推進している。また、同研究グループはFP7 のBACTOCOM¹⁵⁰プロジェクトを主導しており、微生物及び細胞の研究を通して、新しい情報学の可能性を追求している。

フランス

フランスでは、フルイティション・サイエンシズ社¹⁵¹ (Fruition Sciences) がバイオICT研究を応用し、ワイン栽培に利用している。同企業は、フランス人の技師がアメリカで、2007年に設立したいわゆるスタートアップ企業で、アメリカとフランスで事業を行っている。事業内容は、マイクロセンサー技術を用いて、ぶどうの木の水分量を計測し、外部からの水分供給のタイミングを知らせる等して、ワイン向けのぶどう栽培を支援する技術をワイン栽培者に提供してするものである。技術的なポイントとしては、1) ぶどうの木を傷つけずに水分量を計測する非侵襲型センサーを使用し、水分量を計測して、2) 水分量の情報を無線技術で伝送し、3) 最終的に、天気等の情報も含めて、インターネット上で一元的に全ての情報を恒常的に管理することである。

スペイン

スペインのカタローニャ・生物工学研究院¹⁵²では、生物工学及びナノ医療に関する学際的な研究を実施している。同研究院は、2005年にカタローニャ政府、バルセロナ大学、カタローニャ工科大学によって創設された。バイオICTに関しては、特にマルコ・サンチャゴ博士の下、研究グループが人工嗅覚の研究を実施している。同研究グループは、FP7のNEUROCHEMプロジェクトを実施していた。

第1部のまとめ

以上、欧州における脳情報通信とバイオ ICT の研究開発動向を概観した。欧州では、EU レベルでも、各国のレベルでも同研究は積極的に実施されている。

EU レベルでは、FP7において、脳情報通信 (BFI、BMI、HHS、計測基盤技術)を一括する公募枠組は存在しないものの、複数の公募枠で多くのプロジェクトが実施されている。BMI 関連のプロジェクトは、障がい者の生活支援を目的とする ICT の公募枠で多くのプロジェクトが採用されているが、特に非侵襲型技術の研究が求められている。BFI に関しては、長期・ハイリスク研究の公募枠 (FET: 「脳に着想を得た ICT」、「神経と生物に着想を得た ICT」) でプロジェクトが募集されている。HHS に関しては、認知システムやロボット工学の公募枠で多くのプロジェクトが募集されている。実際に採用され、現在実施されているプロジェクトには、全予算が 1000 万ユーロを越える大型プロジェクトもある (HBP、BRAINS CALES、TOBI、VERE、

¹⁵⁰ <http://www.bactocom.eu/>

¹⁵¹ <http://www.fruitionsciences.com/login/home>

参考: ビデオインタビュー

http://www.winesandvines-digital.com/winesandvines/201107/?pg=30&pm=2&u1=friend&article_id=88085#article_id=88085

¹⁵² <http://www.ibecbarcelona.eu/IBEC/about-us.html>

BEAMING)。バイオ ICT に関しては、長期・ハイリスク研究の公募枠組 (FET) に個別の公募枠 (「生化学に基づく IT」) が FP7 に設けられており、研究プロジェクトが実施されている。FP7 の脳情報通信及びバイオ ICT 研究プロジェクトへの欧州外からの参加国としては、イスラエルの研究機関が非常に多くのプロジェクトに参加している。

欧州各国のレベルでは、スイスのローザンヌ連邦工科大学が欧州における脳情報通信研究の主要拠点の 1 つとなっており、人工脳を製作することを目指すブルー・ブレインプロジェクトの他、BMI の研究も実施されている。同大学の生物工学研究院では、医療向け及び非医療向けの非侵襲型 BMI 技術の開発が進められており、NICT における BMI 研究と類似している。ドイツでも、脳情報通信の研究は非常に盛んであり、ユーリッヒ研究センターはシーメンス社と提携して、非侵襲型脳計測基盤技術を自ら開発している。また、同国のベルンシュタイン・フライブルグ研究センターでは、低侵襲型の BMI 技術の開発が医療向けに進められている。オーストリアのグーガー・テクノロジーズ社は非侵襲型の BMI 機器の開発し、販売している企業で、数多くの研究機関と提携しており、欧州では非常に有名である。その他、フランスのテレコム・ブルターニュのクロード・ベルー氏は、生物学的なアプローチを用いずに、脳を理解しようとする画期的なアプローチ (情報理論の適用) で脳研究に挑んでおり、今後の動向に注目すべきである。

脳研究を基礎とする脳情報通信の研究には、研究者の関心や方針に従って、さまざまな観点を取りうる。ベルンシュタイン・フライブルグセンターにおけるような生物学及び医学の観点から研究は、侵襲型アプローチ及び非侵襲型アプローチを採用し、研究目的も医療向けに限定される。スイスのローザンヌ連邦工科大学におけるような情報通信や計算機科学の研究者が行う BMI 研究は、非侵襲型アプローチだけを採用することが多く、目的も医療向けに限られない。テレコム・ブルターニュの研究者は元々無線技術の専門家なので、脳研究に情報理論を適用し、生物学的アプローチそのものを用いない。このように、同じ脳という研究対象に対して、複数のアプローチを採用することができ、脳情報通信には学際的な研究を行う必要がある。

バイオ ICT に関しては、英国のマンチェスター・メトロポリタン大学 (細菌の研究と ICT の融合) やスペインのバルセロナ大学 (人工嗅覚) で積極的に実施されている。フランスでは、非侵襲型センサーをワイン栽培に利用するという国柄に即した応用技術も開発されている。

第2部 欧州における脳情報通信の倫理・安全面のガイドライン策定取り組み動向

脳情報通信の研究の実施及び実用化には、ヒトを対象とする同技術の性質上、倫理・安全面での配慮を行う必要があるが、欧州では、どのような問題が意識されており、どのような指針が取られているか、またどのように法整備が進められているか。以上が本部の問題関心である。日本では、総務省が主催した「脳とICTに関する懇談会」が2011年5月に最終取りまとめを公表した際に、特にBMIに関して、倫理・安全面のガイドラインを作成する際に考慮すべき点を幾つか特定しているが、まだ実際に策定されているわけではない。欧州では、結論から言えば、脳情報通信に特化した倫理・安全面の包括的な統一ガイドラインは策定されていない。だが、欧州で、脳情報通信に関する研究が現実に実施されていることも確かであり、その際何らかの原則及び法律に従っていると考えられる。従って、本部では第1章において、欧州における脳情報通信の規制に関わる諸原理及び制度について記し、第2章では、EUのFP7における脳情報通信関連の研究プロジェクトにおいて、倫理・安全面への配慮が実際にどのようになされているか示し、第3章において、欧州主要国（仏独）において脳情報通信に関して、倫理・安全面のガイドラインの策定がどこまで進められているか動向を明らかにする。

第1章 欧州における脳情報通信の規制に関わる基本原則及び制度の概略

本章では、欧州において脳情報通信の研究開発を実施する際に参照され、遵守されている主な基本原則及びEU法を概観する。欧州各国（仏独）の法制度については、第3章において記す。

世界医師会によるヘルシンキ宣言（1964年発表）

医療行為、また医学研究を行う際に医師及び研究者が遵守すべき一般倫理基準が定められ、推奨されている。同宣言は1964年に発表されて以来、2008年まで8回改正されている。内容としては、実験被験者の保護（自己決定権、プライバシー等）、インフォームド・コンセントの取得必要性、研究計画書を審査する倫理審査委員会の設置等が基本原則として定められている¹⁵³。

¹⁵³ より詳しくは、日本医師会のウェブサイトヘルシンキ宣言の英文と邦文が掲載されているので、参照のこと。 http://www.med.or.jp/wma/helsinki08_j.html#en

欧州連合基本権憲章

欧州連合基本権憲章は、欧州連合市民の基本権を定めたもので、人間の尊厳、自由と安全（プライバシー及び個人情報の保護も含む）等の規定を含む。同憲章は 2000 年に起草され、公布されていたが、法的拘束力を持つものではなかった。だが、2009 年のリスボン条約の発行とともに法的拘束力を持つようになった¹⁵⁴。

生物学及び医学のヒトへの適用における人権と人間の尊厳の擁護のための条約

生物学と医学のヒトへの適用における人権と人間の尊厳の擁護のための条約¹⁵⁵は、実験被験者の保護規則及び権利（インフォームド・コンセントやプライバシーの保護等）を定めている。同条約は 1996 年に欧州評議会（Council of Europe）¹⁵⁶によって採択された。

EU 臨床試験指令（ヒトに利用する医療製品の臨床試験の実施における適切な臨床実践に関する指令）

EU臨床試験指令¹⁵⁷は、2001 年にEU域内で臨床試験に関する規則を統一化するために策定されたEU法で、特に実験被験者の保護を目的とする規則が定められている。同指令はEU加盟国に対して 2004 年までに同指令を国内法化することを要求していた。指令の内容としては、実験被験者の保護規定（インフォームド・コンセントの取得に関する規定、未成年者の臨床試験に関する規定等）、ヒトに対する生物・医療に関わる研究プロジェクトの事前審査を実施する倫理審査委員会の設置義務等が主なものである¹⁵⁸。欧州委員会は、同指令の適用のために詳しいガイドラインを策定している。なお、欧州委員会は 2012 年 7 月に同指令の改正法案を策定している¹⁵⁹。

EU 個人情報保護指令（個人情報の処理に係る個人の保護及びその自由な流通に関する指令）

EU個人情報保護指令¹⁶⁰は、個人情報の保護を目的に 1995 年に策定されたEU法である。同指令では、個人の健康に関する情報は、人種、政治的信念、宗教的信仰等の情報とともに、「特殊なカテゴリーに属する情報」として特定されており、同種の情報処理に関して、強い制限が課せられている。なお、欧州委員会は、2012 年 1 月に

¹⁵⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:083:0389:0403:EN:PDF>

¹⁵⁵ <http://conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/html/164.htm>

¹⁵⁶ 欧州評議会は、欧州委員会、欧州理事会、欧州議会、欧州連合理事会等の EU 諸機関とは別組織であり、ロシア等を含めた広い意味での欧州 47 カ国が参加している。

¹⁵⁷ Directive 2001/20/EC of 4 April 2001, of the European Parliament and of the Council on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to implementation of good clinical practice in the conduct of clinical trials on medicinal products for human use

http://ec.europa.eu/health/human-use/clinical-trials/index_en.htm

http://ec.europa.eu/health/documents/eudralex/vol-10/index_en.htm

¹⁵⁸ 各国に設置された倫理審査委員会は EUREC（European Network of Research Ethics Committees）というネットワークを形成している。

<http://www.eurecnet.org/background>

¹⁵⁹ http://ec.europa.eu/health/files/clinicaltrials/2012_07/proposal/2012_07_proposal_en.pdf

¹⁶⁰ Directive 95/46/EC on the protection of individuals with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data

http://europa.eu/legislation_summaries/information_society/data_protection/l14012_en.htm

同指令の改正案を策定している¹⁶¹。

EU 電磁波曝露制限指令（労働者が曝される物理的要因（電磁界）に由来する危険に関する健康と安全性に対する最小限の要件についての指令）

EU電磁波曝露制限指令¹⁶²は、労働者が浴びる電磁波量の制限に関わる指令であり、電磁波を利用するMRIを使用する医師や看護師等を保護することを目的としている。2004年に採択されたが、医学界より同指令がMRIの利用と推進に抵触するとして批判され、電磁波曝露限界値について修正されている¹⁶³。

以上の基本原則及びEU法の他、EU医薬品理事会指令（市販される医薬製造物に関する法令または行政行為による規則の調和についての理事会指令）¹⁶⁴やEU医療機器理事会指令（医療機器に関する理事会指令）¹⁶⁵が脳情報通信の研究規制に関わる。

第2章 欧州連合の脳情報通信の倫理・安全面のガイドライン策定取り

組み動向

まず、本章ではFP7における脳情報通信関連のプロジェクトにおいて、倫理・安全面への配慮がどのようになされているのか見ていきたい。なお、FP7のウェブサイト上では、前章で記したEU臨床試験指令及びEU個人情報保護指令等に基づき、FP7の研究プロジェクトを実施する上で配慮すべき倫理・安全面のガイドライン等が提示されているが、欧州内で統一された脳情報通信に特化したガイドラインは策定されていない¹⁶⁶。

第1節 欧州連合の第七次枠組計画における脳情報通信に関する倫理・

安全面の問題への対応アプローチ

ヒアリングを行ったスイスのローザンヌ連邦工科大学のホセ・デル・R・ミラン氏

¹⁶¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0010:FIN:EN:PDF>

¹⁶² Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields)
http://europa.eu/legislation_summaries/public_health/health_determinants_environment/c11150_en.htm

¹⁶³ <http://ec.europa.eu/social/main.jsp?langId=en&catId=89&newsId=1037&furtherNews=yes>

¹⁶⁴ Council Directive of 26 October 1983 amending Directives 65/65/EEC, 75/318/EEC and 75/319/EEC on the approximation of provisions laid down by law, regulation or administrative action relating to proprietary medicinal products

¹⁶⁵ Council Directive 93/42/EEC of 14 June 1993 concerning medical devices

http://ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/medical-devices/index_en.htm

¹⁶⁶ http://cordis.europa.eu/fp7/ethics_en.html#ethics_cl

によれば、FP7のプロジェクトを実施する際には、プロジェクトの初期段階で倫理・安全面への配慮についてコンソーシアム内で詳しく検討し、プロジェクト毎にガイドライン等を策定する等して、多くの時間をかけて問題に対応している。以下に、そのポイントについて記す。

- ・ プロジェクト参加者はヒトを対象とする研究に関わる倫理的問題を所管する倫理審査委員会に事前にプロジェクト内容を報告し、特定の法律や安全基準を遵守しなければならない。EUのFP7プロジェクトは、複数の異なる国の研究機関から構成されるコンソーシアムによって実施されるが、倫理審査委員会は各国に設置されており、各参加者は出身国の委員会が定める基準等をそれぞれ遵守しなければならない。なお、ドイツやスイスは州毎に同種の委員会を持つので、各出身州が定める法律や安全基準に従わねばならない。
- ・ 国毎に言語が異なる場合があるので、複数の言語で書類を準備しなければならない。
- ・ 最終的には、弁護士を介して、プロジェクトに問題がないように検査している。
- ・ コンソーシアム制度の良い点もあり、倫理・安全面の問題に比較的慣れていないICT部門の研究者は、普段から研究の倫理・安全面への配慮を深く行っている医療施設や患者団体等と連携することによって、より倫理・安全面の問題へ配慮した仕方で、研究開発プロジェクトを進行させることが可能になる。

第2節 欧州連合の第七次枠組計画における脳情報通信の倫理・安全面に係るガイドラインの事例 - DECODER プロジェクトの場合 -

では、具体的にどのような倫理・安全面の規則やガイドラインを設定し、FP7の各プロジェクトは進められているのか。ついで、我々はFP7の脳情報通信関連のプロジェクトにおける倫理・安全面の具体的なガイドラインの事例を見ていく。我々がワークショップを視察したFP7のDECODERプロジェクトは、プロジェクトのウェブサイト上¹⁶⁷で、コンソーシアムの内部で遵守すべき事項を記した倫理・安全面のガイドラインを公表しており、事例として非常に参考になる。以下に、その概略について記す。

DECODER プロジェクトにおける倫理・安全面のガイドラインの概略

DECODER プロジェクトのウェブサイトでは、研究プロジェクトの倫理・安全面への配慮に関する2つの文書が発表されている。1つは、コンソーシアムのパートナーが遵守すべき標準倫理ガイドライン（「Standard ethical guidelines written and delivered to all partners」）であり、もう1つは、実験被験者の選択基準と、インフォームド・コンセントを得る仕方について特化して記載した文書である。後者の文書では、特に無反応状態にある被験者からインフォームド・コンセントを行う手順に詳細

¹⁶⁷ <http://www.decoderproject.eu/>

に記されており、研究者にとって非常に分かりやすい。ここでは、標準倫理ガイドラインの要点についてのみ記す。

1 標準倫理ガイドライン

以下、標準倫理ガイドラインで定められた倫理面の一般原則を2つ記す。

一般原則

1. インフォームド・コンセント：医療行為及び健常者と患者を対象とする研究における基本的人権の尊重と保護を目的とする：インフォームド・コンセントの原則は、様々な国際的な規約や宣言等に立脚している。例えば、1964年の世界医師会によるヘルシンキ宣言、欧州連合基本憲章、1997年採択の欧州評議会による「生物学と医学のヒトへの応用における人権と人間の尊厳の保護のための協約」に基づく。
2. 無反応状態の被験者を対象とする研究において配慮すべき倫理的側面：DECODERプロジェクトでは、無反応状態にある被験者を対象に研究を行うため、コンソーシアムのメンバーは特殊な倫理的側面を考慮する必要がある。この側面については、欧州連合基本憲章、欧州評議会の「生物学と医学のヒトへの応用における人権と人間の尊厳の保護のための協約」、3つのEU指令、EU臨床試験指令、EU個人情報保護指令、EU医薬品理事会指令¹⁶⁸、ヘルシンキ宣言の2008年度最終修正版である。

倫理・安全面のポイント

以上の一般原則の他、7つの点が無反応状態にある被験者を対象とする研究についての倫理・安全面のガイドラインで定められている。

1. 各地域の倫理委員会の同意：DECODERプロジェクトに関して、プロジェクト参加者は、それぞれが属する地域の倫理審査委員会に報告を行い、研究を開始する前に、同委員会から同意を得なければならない。つまり、プロジェクト参加者は、各国、各州の法律を遵守しなければならない。
2. 倫理的問題の管理：各プロジェクト参加者がそれぞれの地域の倫理委員会が定める原則を遵守しているかどうか、DECODERのプログラム管理チーム（Program Management Team）が検証する。プログラム管理チームは、地域の倫理委員会への申請書とインフォームド・コンセント関連の書類のコピーを集め、DECODER運営委員会に提出する。こうして、運営委員会は、DECODERプロジェクト内の各研究が適切に倫理基準に従って実施されていることを確認することができる。研究に対して、苦情や反対意見が出た場合には、プログラム管理チーム及び運営委員会に直ちに報告され、各地域の倫理審査委員会に確認する。
3. インフォームド・コンセント：無反応状態にある被験者のインフォームド・コン

¹⁶⁸ Council Directive of 26 October 1983 amending Directives 65/65/EEC, 75/318/EEC and 75/319/EEC on the approximation of provisions laid down by law, regulation or administrative action relating to proprietary medicinal products

セントに関しては、被験者の法的代理人に、DECODERプロジェクトの目的、目標、手順について詳細に情報が与えられる。これはEU臨床試験指令に基づく。また、その情報は口頭及び書面によって、DECODERプロジェクトの責任者によって与えられる。

4. 被験者の安全：被験者の安全の保証は最も重要な配慮事項の1つである。被験者は不必要な危険にさらされてはいけない。DECODERプロジェクトでは非侵襲技術が利用されるが、被験者のストレスの増大を防ぎ、あるいは減少させるような仕方で、実験を実施しなければならない。特に、実験器具の設定、つまり、生理学的データの計測等には多くの注意を払わなければならない。また、実験中には、常に医師や看護師が被験者に対応可能でなければならない。法的代理人には、実験の安全性の点についてにも前もって情報提供されねばならない。被験者として選択されるには、実験によって被験者に与えられる利益が危険に勝ることが確かな場合だけであり、被験者の選定基準をDECODERプロジェクトは定めている。
5. 健常者ボランティアへのポロポフォールの使用：鎮静剤としてポロポフォールを利用し、麻酔を導入する実験には、健常者のボランティアしか参加は認められず、医師による徹底した既往歴の確認が実験参加の前提条件となる。実験中は麻酔科医が付き添い、パラメーターが不安定になった場合は、即座に実験を中止し、必要な場合には医療施設に行かねばならない。無反応状態にある被験者と同じく、健常者のボランティアにもインフォームド・コンセントの取得が義務づけられる。
6. 情報保護：被験者の背景となる情報が実験のために収集されることになる。無反応状態にある被験者の場合、年齢、性別及び病気に関する情報（診断、病気の長さ、原因等）が背景となる情報に含まれる。健常者のボランティアの場合、神経学的、精神医学的、身体的病気、あるいは脳に関連する他の病気や生活習慣、医療行為に関して質問を行う必要がある。あらゆる個人情報、また個人の健康、民族的背景、性別、年齢等の情報は情報保護の原則に従って保存され、管理される。つまり、個人情報は、個人が特定できないように処理され、書類は安全な場所に保存されて、コンピューター上に保存された記録情報はパスワードとエンコードによって保護される。論文等の出版物は、個人が特定できないような仕方で公表されなければならない。実験後には、健常者ボランティアにも、無反応状態にある被験者にも実験結果が知らされる。
7. メディアへの対応：プロジェクトの成果を普及させるため、メディアを通じた情報提供は不可欠であるが、被験者やその家族のプライバシーを保護しなければならない。患者がメディアによってレポートされる場合には、特別なインフォームド・コンセントが必要になる（どのメディアに報告されるのか等）。また、ジャーナリストが他の媒体で報告したい時には、それに関してもインフォームド・コンセントの取得が必要になる。また、ジャーナリストはレポートの内容と目的を簡単に前もって知らせなければならない。

以上の他、標準倫理ガイドラインには、a) 実験に参加可能な者を選択するための基準、b) 無反応状態にある被験者にとっての実験の利益と危険について説明されている。ガイドライン末には、c) DECODER プロジェクト向けのインフォームド・コンセントのテンプレートが収録されており、各被験者にインフォームド・コンセントを行う際のチェックリストとなる。以下に、a)、b)の要点について記す。

実験に参加可能な者の選択基準

- ・ 18歳以上の男女（女性の場合、妊娠していないこと）
- ・ EEG、fMRI、fNIRS等を利用して、実験を受けることが可能な身体的状態にある者¹⁶⁹
- ・ 麻酔を利用する実験に関しては、麻酔の危険性を良く知る医学部の学生や看護師見習い等医療関係者から実験参加者が募集される。

無反応状態にある被験者にとっての実験の利益と危険

利益：BCI技術を用い、患者の病状の診察が並外れて進歩する。

危険：

- ・ 患者とその近親者とともに、医師やスタッフが、被験者が DECODER プロジェクトに参加することによって病気から完全に回復する等、非現実的な希望を持ってしまうことがある。従って、関係者に前もって、DECODER の診断装置の結果等についてよく情報を提供しておく必要がある。
- ・ BCI 技術によって、無反応状態にある被験者が死を望んでいることが判明した場合には、次のような手続きを取り、対応しなければならない。
 - 1) 患者が同意する条件で、患者の医師と重要な第三者に、患者が死を望んでいることを知らせる。
 - 2) 患者が鬱状態に陥っていないか検査する。鬱病は自殺願望と結びついていることがよくあるからである。患者が鬱病であると診断されたならば、鬱病の治療を行う。
 - 3) 患者が鬱病ではなかった場合、患者が死を望む理由を探す。生活の質の低さ、苦痛への恐怖、家族の負担への懸念が最もよく見られる理由である。これらの理由は取り除かれうる。
 - 4) これらの全ての理由が患者が死を望む理由として除外されうるならば、患者は重要な第三者と医師とともに、国内法に一致して、さらにどのようなステップを取るべきか決定する。

¹⁶⁹ より詳しくは原資料を参考のこと。

第3章 欧州主要国における脳情報通信の倫理・安全面のガイドライン

策定取り組み動向

ついで、本章では、欧州主要国における脳情報通信の倫理・安全面のガイドライン策定取り組みについて記す。本報告書第2部第1章で見たように、EU臨床試験指令及びEU個人情報保護指令の影響下にあるEU域内では、実験被験者保護のため、インフォームド・コンセントや個人情報の保護等の基本的な要素は各国内にすでに規制法として採用されており、それがそのまま脳情報通信の研究に適用されている。

以下に、欧州主要国（フランスとドイツ）の脳情報通信研究に関与する規制法及び機関について記すが、日本と同様に、中央集権的な政治体制を取り、生命倫理への関心が高く、脳研究に関わる倫理面での問題について積極的に議論が進められているフランスの状況について重点的に記す。

第1節 フランス

まずフランスにおける脳情報通信に関わる規制法及び関係機関の概略について記し、ついで、フランス議会に設置された科学技術評価委員会が発表した脳に関する先端科学技術に関する報告書のポイントを示す。また、本節末に、フランスの神経学者エルベ・シュネヴェイス氏に行ったヒアリングの議事録を収録する。

脳情報通信に関わる規制法及び関係機関

脳情報通信に関わる規制法

以下に、フランスにおける脳情報通信に関わる規制法を挙げる。

- ・ 生命倫理関連法（Loi relative à la bioéthique）¹⁷⁰：2011年の同改正法では、神経科学に関して、第45条にMRI等の脳機能イメージング技術に関する規定が定められ、同技術の使用目的（医療目的、科学的な研究目的、裁判上の鑑定での利用目的に限る）を規制する他、同技術の使用に際してインフォームド・コンセントを取得することを義務づけている。
- ・ ヒトに関与する研究関連法（Loi relative aux recherches impliquant la personne humaine）¹⁷¹：同法は2012年3月に、実験被験者の保護を怠ること

¹⁷⁰ 同法は5年毎に見直しすることが定められており、同法は1994年に制定された後、2004年と2011年に改正されている。

<http://www.vie-publique.fr/actualite/panorama/texte-discussion/proposition-loi-relative-aux-recherches-impliquant-personne-humaine.html>

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024323102&fastPos=1&fastReqId=1754997085&categorieLien=id&oldAction=rechText>

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000441469&dateTexte=&categorieLien=id>

¹⁷¹

<http://www.vie-publique.fr/actualite/panorama/texte-discussion/proposition-loi-relative-aux-recher>

なく、医療研究実施手続きの単純化を実現するために制定された。「危険を伴う介入的研究」、「危険を伴わない介入的研究」、「非介入的もしくは観察研究」というようにカテゴリーが区別され、カテゴリー毎に義務等が異なる。

- ・ 保健医療法典 (Code de la santé publique) : 生物・医療研究の実施条件等に関しては、特に生物医療研究に関わる章 (第1部第1巻第2章:L1121条~) において規定されている¹⁷²。生命医療研究を行う際の一般規定の他、倫理審査委員会の事前承認を受ける制度について定められている。
- ・ 情報処理・ファイル・自由に関する法 (Loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés) : 特に第8条において、医療における個人情報、他の人種や民族的起源についての個人情報、思想信条に関わる個人情報とともに特別な扱いを必要とする情報として特定されている¹⁷³。

脳情報通信の規制に関与する機関

以下に、フランスにおける脳情報通信の規制に関与する機関を挙げる。

- ・ 生命医療規制庁 (Agence de la biomédecine)¹⁷⁴ : 2004年の生命倫理関連改正法によって創設された規制機関
- ・ 生命科学と健康のための国家倫理諮問委員会 (Comité Consultatif National d'éthique pour les sciences de la vie et la santé)¹⁷⁵ : 生命倫理関連改正法によって創設された諮問機関
- ・ 科学的及び技術的選択の評価に関わる議会委員会 (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques)¹⁷⁶ : フランス議会に設置された科学技術評価委員会
- ・ 情報処理と自由に関する全国委員会 (Commission Nationale de l'Informatique et de la liberté : CNIL)¹⁷⁷ : 個人情報の保護を所管する独立行政機関
- ・ 人間保護委員会 (Comité de protection des personnes)¹⁷⁸ : EU臨床試験指令の影響の下、2004年によって創設された倫理審査委員会のこと。生物・医療に関わる研究プロジェクトは、フランス各地に設置された同委員会に前もって研究内容等を知らせ、承認を得た後でなければ実施できない。フランスには40の委員会が設置されている。

なお生命医療規制庁及び国家倫理諮問委員会は、科学技術評価委員会等とともに、生命倫理関連法の見直しに携わっており、2011年の改正後、2012年現在すでに同法

[ches-impliquant-personne-humaine.html](#)

¹⁷²

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20120721>

¹⁷³ <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000886460>

¹⁷⁴ <http://www.agence-biomedecine.fr/L-Agence>

¹⁷⁵ <http://www.ccne-ethique.fr/membres.html>

¹⁷⁶ <http://www.senat.fr/opecst/>

¹⁷⁷ <http://www.cnil.fr/>

¹⁷⁸ <http://www.recherche-biomedicale.sante.gouv.fr/pro/comites/coordonnees.htm>

の見直しに関する議論が進められている。

「科学的及び技術的選択の評価に関わる議会委員会」による報告書の概略（『脳の研究及び治療に関わる最新技術の掛け金』）

フランスの議会に設置された科学技術評価委員会（科学的及び技術的選択の評価に関わる議会委員会）は、2012年3月に『脳の研究及び治療に関わる最新技術の掛け金』¹⁷⁹という報告書を発表している。この報告書は全2巻約400ページからなる膨大なもので、同委員会で報告されてきた脳研究と治療に関わる最新技術の内容と必要性、そして、その倫理・安全面での問題に関する議論をまとめたもので、今後の方針や勧告も示されている。以下に、同報告書で倫理・安全面の問題について記された章（第3章及び第4章）のポイントについて記す。

- ・ 個人情報保護：特に脳機能イメージング技術に由来する個人情報の取り扱いに注意しなければならない。同種の情報の利用目的や保管や移動について厳格に対応し、特にクラウドコンピューティングの普及に対応する必要がある。同問題は情報処理と自由に関する全国委員会（CNIL）の所管となる。
- ・ 脳機能イメージング技術の危険性：フランスではMRIの台数がないので、脳機能イメージング技術として放射線を使う機器（CTスキャン・TEP）を利用することが多く、放射線被曝量に注意しなければならない。この問題に関しては、MRIの台数を増やす等して対応できる。なお、高磁場MRIの危険性に関しては、同報告書では大きく問題視されておらず、CTスキャンやTEPの代替えとして利用が進められている。
- ・ 偶発的所見への対応：実験被験者の脳に偶然腫瘍や治療不可能病因を発見した際、どのように被験者に対応すればいいかは議論の途中であり、様々な意見が提出されており、今後も検討を続ける。
- ・ パーキンソン病等の治療向けの侵襲型技術：人間の行動を変様させうる侵襲型技術の利用には大きく注意を払う必要があり。適切な利用ガイドラインを策定すべきである。
- ・ 認知能力の強化：脳研究の成果を利用して人間の認知能力を強化することが可能な手段については監視を続け、情報を収集する。
- ・ 脳機能イメージング技術の裁判上での利用：生命倫理関連法において現在許可されている脳機能イメージング技術の裁判での利用は禁止すべきである。また、雇用の際等に使用されるべきではない。
- ・ 社会への正確な情報提供：脳研究に関する正確な情報を供給できるようにする。対応策としては、生命倫理を中等教育で取り扱う、また市民が参加できる集会を開催する等が考えられる。

以上のように、日本における「脳と ICT に関する懇談会」のように、フランスで

¹⁷⁹ <http://www.senat.fr/opecst/rapport.html>

も侵襲型も含めた脳研究が引き起こす倫理・安全面での問題が議論されている最中である。なお、上記の議論は、次回の生命倫理関連法の見直しの際に反映される見込みである。

ヒアリング議事録 / フランス / 神経学者エルベ・シュネヴェイス氏

我々はフランスの神経学者エルベ・シュネヴェイス氏にお話を伺い、脳情報通信が引き起こす可能性がある倫理的問題、生命倫理の役割、同国における脳情報通信に関する倫理・安全面のガイドライン策定動向等について質問した。シュネヴェイス氏は、フランスの研究機関で神経学研究を行うだけでなく、生命倫理にも関心を持ち、同分野についての著述活動を行っている。また、同氏はフランス国立健康・医療研究院の倫理委員会及びフランス議会に設置された科学技術評価委員会のメンバーの一人であり、2000年から2002年にかけて、フランスの高等教育・研究省に設置された生物科学及び生命倫理に関する諮問組織に参加していた。

日程

2012年7月10日

場所

先方事務所（フランス・パリ）

先方

エルベ・シュネヴェイス氏

当方

NICT 欧州連携センター長：菱沼 宏之

ONOSO 研究員：小野 浩太郎

ヒアリングの概要

先方の研究専門領域と生命倫理への関心について

(△) あなたが所属する研究機関と研究専門分野について教えていただきたい。

(○) 私はパリ・デカルト大学（パリ第五大学）に所属している神経学者で、特に脳腫瘍の研究を行うとともに、パリ・サルペトリエール病院で患者に対して医療行為を行っている。以上の他、私はフランス国立健康・医療研究院の倫理委員会のメンバーでもある。

(△) なぜ生命倫理の問題へ関心を持つようになったのか。

(○) フランスでは、生命倫理の研究者は哲学を専攻している者か、生物科学を研究し、それに加えて、生物科学が提起する倫理的問題を考察している者である。私の場合は後者に属する。1980年代に、私は遺伝学を研究していた。博士課程終了後、アメリカでの研究生活を経て、フランスに帰国し、他の研究者とともに神経遺伝学の研究所を設立した。この研究所では、アルツハイマー病等の精神病を遺伝学の観点から研究していた（遺伝変異が引き起こす精神病の研究）。当時は、ヒトの DNA を解読

する研究に注目が集まっていた時代であり、生物科学が引き起こしうる倫理的問題が提起され、初めて、同分野の研究への倫理的配慮に関する規則について議論されていた。フランスでは、1980年代に始まった生命倫理に関する議論が、1994年に法律として制度化された（「生命倫理関連法」）。こうした科学的、社会的背景の下、私は遺伝情報の解明がもたらす倫理的課題について関心を持ち始め、遺伝学者として生命倫理の問題を取り扱うこととなった。2000年から2002年にかけて、私はフランスの高等教育・研究省に設置された生物学研究と生命倫理の問題を検討する委員会に参加し、1994年に立法された生命倫理関連法の改正作業に直接関与することとなった（2004年改正）。その後、フランスの上院及び下院に設置された科学技術評価委員会（「科学的及び技術的選択の評価に関わる議会委員会」）のメンバーとなり、現在でも同委員会に参加している。この委員会は、国の科学技術に関わる政策のあり方を討議する場であり（政策の決定権はない）、構成員は上院議員と下院議員が半分ずつ席を持ち、さらに与党と野党が半分ずつ席を持つ。私はこの委員会に設置された科学者が構成する諮問組織に参加している。政治家は人文系の学問を学んだ者が多いので、我々が科学的な問題について情報を提供し、助言を与えている。

なお、私が所属する学部には、神経科学の歴史、そして、生命倫理を研究する研究者がいる。生命倫理学の研究者は、生まれたばかりの子供の遺伝情報を解読して、60年後にアルツハイマー病を発病することが分かった時、医師や他の人々はどのように対応すればよいかというような問題について考察している。

生命倫理の役割と神経科学が引き起こす可能性がある倫理的問題について

（△）あなたは生命倫理の役割をどのようにお考えか。

（○）私は科学者及び臨床医として生命倫理の問題を検討することを通して、生物科学が引き起こす可能性のある問題について情報を提供するとともに、科学が人々にもたせる幻想を止めることを目指している。神経科学に関して例をあげると、例えば、現在パーキンソン病等の治療のために、脳に電極を埋め込み、患者の病状を回復する方法が取られる場合があるが、この侵襲型の技術は他人が患者の運動能力を遠隔操作することを可能にするものである。これは倫理的な問題であり、生命倫理の問題を取り扱う者は、このような問題について科学的な情報提供を行う必要がある。別の例を挙げると、神経科学は現在までのところ人間の心を解読することからほど遠く、マインド・リーディングは幻想である。確かに、脳が特定の環境において持つ反応の様態を知ることはできる。だが、これは人間の心、人間の思考を読むことではなく、脳の反応を探知しているにすぎない。マインド・リーディングと脳の反応の探知は異なることであり、現在神経科学によって人間の心を解読することが可能であるというような幻想を破壊しなければならない。このように、科学が現在可能にすることと、将来的に可能にすることを見極めること、そして、それが社会にもたらす結果を考えることが必要である。

（△）現在、神経科学やBMI技術（Brain Machine Interface）は、どのような問題

を引き起こす可能性があるか。

(○) 先ほども申し上げたように、神経科学はマインド・リーディングを可能にすることからはほど遠く、幻想のレベルなので、私は他人が人間の思考を読むことによって生じる問題についてはさほど心配していない。だが、先ほども触れたような精神病の治療に現在利用されている侵襲型の BMI 技術を使って、WiFi 等を通し、遠隔操作により、他人の脳にアクセスし、その人の行動を支配することは、近い将来、技術的に可能であろう。また、BMI 技術を戦争目的で利用することも可能である。戦場において、兵士同士情報のやり取りや、暗闇等の状況で兵士の行動を支援したり、また、兵士が感じる恐怖感を抑制したり、兵士の判断を道徳的に方向付けることが可能である。軍は兵士を保護するために、このような技術を利用できるというかもしれないが、常に倫理的な問題が提起されうる。倫理とは、物事の良い面と悪い面の緊張関係であり、完全に正しいとは言えない地点で問題が提起されるので、両面のバランスを取らなければならない。技術は技術でしかなく、技術の使い方が倫理的問題を提起する。日本の方は、このことをヒロシマとフクシマを通してよくお知りのはずである。

フランスにおける脳情報通信の倫理・安全面のガイドラインの策定動向について

(△) 日本では、総務省の「脳と ICT に関する懇談会」という組織が脳情報通信研究の指針について、2011 年に最終取りまとめを発表している。同組織は、その中で倫理・安全面のガイドラインの作成するために、幾つか重要な点（インフォームド・コンセント、偶発的所見への対応、個人情報保護等）を定めている。あなた方はこのようなガイドラインを策定しているか。

(△) 脳情報通信に特化したガイドラインは策定していないが、我々はより一般的な生命倫理のガイドライン法、すなわち、生命倫理関連法を策定している。つまり、脳情報通信の倫理・安全面への配慮の基本的なポイント、個人情報保護、臨床試験（人体への実験）の規制は生命倫理関連法の対象となる。

だが、倫理的問題とは、このような法的な問題を越えるものである。例えば、インフォームド・コンセントは、臨床試験を行う際の最も基本的な義務の 1 つである。まず問題は、アルツハイマー病等の精神病を疾患し、同意能力がないと考えられる患者から、どのようにインフォームド・コンセントを得るかというものである。我々は生命倫理関連法に、「信任人 (personne de confiance)」の制度を採用し、患者に近い家族等が患者に代行して臨床試験への参加に同意することが可能になった。次に問題となるのは、臨床試験を実施する前に、その実験の内容に関して情報を与えられた患者が、本当にその実験の内容を理解しているかという点である。例えば、哲学の難解なコンセプトを理解できるようになるためには、一定の知的トレーニングが必要になる。医療の場合でも、患者が実験の内容を本当に理解するためには、ある程度の知識や知的トレーニングが必要になると考えられる。また、患者は、医師は専門家であるという理由で、医師の説明を簡単に信じてしまう可能性がある。従って、ガイドラインや規制法を整備しても、患者に本当に十分に情報が与えられるのか、また、患者が本当

に自分の意思で同意しているのかという問題が残されてしまうのだ。

なお、私が参加しているフランス議会の科学技術評価委員会は、フランスにおけるBMIを含めた脳に関わる先端科学技術の現状及び倫理・安全面の問題について報告書（『脳の研究及び治療に関わる最新技術の掛け金』）を発表している。従って、フランスにおける脳情報通信の現状等について知りたいようであれば、ぜひその報告書を読んでいただきたい。この報告書は次回の生命倫理関連法の見直しに向けて作成されたものであり、同委員会のウェブサイト上で、無料でダウンロードできる¹⁸⁰。

生命倫理関連法における神経科学に関する規定について

（△）フランスの生命倫理関連法においては、神経科学についてどのような規定があるか。

（○）フランスの生命倫理法は、科学技術の急速な進歩に配慮して、5年毎に見直しすることが定められており、現在までに2回改正されている（2004年と2011年）。次回の改正においては、日本の山中伸弥教授が確立したiPS細胞によって、検討すべき課題が大きく変化してしまうと思う。さて、2011年に改正された最も新しい生命倫理関連法では、神経科学及びMRIのような非侵襲型脳機能イメージング技術の利用が問題となり、特に脳機能イメージング技術を規制する規定が新設された（第45条）¹⁸¹。これは同技術の使用目的を規制する規定である。同規定によれば、医療目的、科学的な研究目的、裁判上の鑑定での利用目的に限って、脳機能イメージング技術を使用できる。この規定は、2005年頃、脳機能イメージング技術を製品や広告、マーケティングの効果をj知るために商業目的で利用することが議論されていたことを反映している。また、2004年の生命倫理関連法改正の際に、「生命医療庁（Agence de la bio-médecine）」¹⁸²が創設され、神経科学を含む先端医療技術の規制を所管している。

研究プロジェクトの審査について

（△）フランスでは、どのように臨床試験を行う研究プロジェクトを審査しているのか。

（○）他の欧州諸国でも同じであると思うが、フランスでは各大学に人体に関わる研究プロジェクトを審査する倫理審査委員会が設置されており、その委員会にプロジェクト開始前に、その内容を報告し、承認を得なければならない。同委員会はインフォームド・コンセントの取得や個人情報の保護等について詳しくプロジェクトを審査する。

だが、倫理という言葉については常に注意する必要がある。大学内に設置された倫理審査委員会はいわゆる職業倫理を取り扱っている。職業倫理とは、それを遵守しな

¹⁸⁰ <http://www.senat.fr/opecest/rapport.html>

¹⁸¹

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024323102&dateTexte&categorieLien=id>

¹⁸² <http://www.agence-biomedecine.fr/The-Agence-de-la-biomedecine>

生命医療庁は、欧州で唯一移植、生殖、発生、遺伝の問題領域を全てカバーする規制機関である。

ければ職務を遂行できないような規則である。だが、他の種類の倫理的問題が存在する。例えば、欧米先進国がアフリカに HIV の研究のために赴き、HIV 患者を研究するが、研究後、患者らに対して、何の治療を施すこともないとしたら、倫理的な問題となる。これが医療倫理であり、明文化されておらず、いわばグレイゾーンにあるものである。ついで、本当の意味での生命倫理の問題とは、科学がもたらす知識や情報を社会の中でどのように利用するかというものである。これには、MRI 等の医療機器の利用目的制限等が入り、我々が科学技術評価委員会で議論している問題である。

欧州諸国間での脳研究規制の違いについて

(△) 欧州諸国間で、宗教等の文化の違いを理由にして、脳研究を含めた生物科学の規制水準が異なることはあるか。

(○) まず、諸宗教と生物科学の関係について言えば、カトリックとイスラム教はあらゆる生物科学に対して厳しい態度を取り、対立的であるが、プロテスタントはよりオープンな態度を取っている。ユダヤ教に関しては、あらゆる生物科学に対して完全に開かれている。これはユダヤ教思想が生物科学の発展に対立せず、むしろ推進することを促すものであるからである。このような宗教思想が理由で、イスラエルでは生物科学の研究が他の分野の研究に比べて非常に盛んである。ついで、国毎の規制の違いに関しては、生物科学の中でも分野によって異なる。例えば、ヒトの胚細胞の研究に関して言えば、ドイツの規制法は非常に厳格なものであるが、それは第二次世界大戦期のナチズムへの反省が理由である。欧州では、特にドイツ、イタリアでは規制が厳しく、英国とスウェーデン等の北欧諸国では規制が比較的緩い。フランスはこれらの国の中間に入る。なお、フランスで、現在我々は生命倫理関連法の見直しに向けて議論を行っている最中であるが、今年、社会党が総選挙で勝ち、議会で多数の席を占めているので、ヒトの胚細胞の研究についてより規制が緩和される可能性がある。保守政党はカトリック教会との結びつきがあるので、胚細胞の研究に関しては規制が厳格であった。だが、脳研究に関しては、国によって規制法が特別に厳しかったり、緩かったりすることはない。これは脳研究がまだ成熟していないことが理由の1つであるだろう。従って、これから規制法は変わっていくかもしれない。

第2節 ドイツ

ドイツはフランスと異なり、連邦制を政治体制として採用しており、州政府の権限がとても強い。この結果、ドイツ各地にあるヒトを対象とする医療・生物研究プロジェクトの倫理審査委員会は、州法に基づいて設立されており、中央の連邦政府はこれらの委員会に対して権限を持たない¹⁸³。

倫理審査委員会

¹⁸³ <http://www.eurecnet.org/information/germany.html>

ドイツは全国に 53 の倫理審査委員会を持ち、そのうちの 33 委員会が大学の医学部あるいは医科大学に、17 委員会が医療協会に、3 委員会が州政府に属している。遵守すべき規定としては、医薬品の研究に関しては、連邦薬事法等、そして、医療機器に関しては、連邦医療機器法がある。他の生物・医療研究に関しては、「職業倫理法典」と「大学内権利」があり、法的拘束力を持つ。大学内権利では、ヒトに関する生物・医療研究プロジェクトを実施する際に、倫理審査委員会に事前にプロジェクト内容を報告させる義務が定められている。

ドイツ倫理評議会

ドイツには、生命倫理の問題について検討するドイツ倫理評議会¹⁸⁴が中央連邦政府と州政府と独立した機関として設立されている。同評議会のメンバーは 26 名で、科学、医療、神学、倫理、社会、経済、法の専門家である。同評議会は生命倫理の問題に関して勧告を出す、勧告に法的拘束力はない。

連邦個人情報保護法

個人情報保護に敏感なドイツでは、ヘッセン州で 1969 年に世界で初個人情報保護法を制定している。現在は、1995 年の EU 個人情報保護指令が、2001 年に連邦個人情報保護法を改正する仕方で、同法内に取り入れられており、健康や医療に関わる情報は特別な取り扱いを必要とする情報のカテゴリーに属している。

第 2 部のまとめ

以上、簡単ではあるが、欧州における脳情報通信に係る倫理・安全面の問題への対応動向を概観した。現在までのところ、欧州で統一的な脳情報通信に特化した倫理・安全面のガイドラインは策定されていない。だが、欧州では、欧州評議会の生物学と医学のヒトへの適用における人権と人間の尊厳の擁護のための条約の他、EU 臨床試験指令及び EU 個人情報保護指令が策定されており、ヒトを対象とする生物・医療研究の規制に大きな影響を与えている。特に臨床試験指令は、各国内に設置された倫理審査委員会が事前に研究プロジェクトを審査することを義務づけており、研究監視体制が非常に整っていると言える。また、個人情報指令は各人の健康上の情報を取り扱いに慎重を要する情報として規定し、同種の情報処理に大きな制限を与えている。FP7 のプロジェクトでは、これらの原則及び指令に基づいて、各研究コンソーシアムが詳細なガイドラインを策定し、プロジェクトを実施している。従って、欧州には脳情報通信に特化した倫理・安全面のガイドラインは存在しないものの、それに適用できる制度が非常によく整備されていると言える。だが、研究実施手続きがあまり煩瑣なものになると、研究の推進を妨げる要因にもなりうるので、適切なバランスを取ることが必要である。

¹⁸⁴ http://www.ethikrat.org/welcome?set_language=en

まとめ

以上、欧州における脳情報通信とバイオ ICT の研究開発動向及び脳情報通信の倫理・安全面のガイドライン策定動向について概観した。報告書の内容の総括に関しては、各部末に記したまとめを参考にさせていただきたい。脳情報通信は、まだ商用化段階ではないものの、少しずつ研究が成熟しつつあり、近年来、メディア等にも登場するようになってきており、注目が集まり始めている。医療向けの BMI 技術の有効性は疑いえないが、同時に倫理・安全面への配慮は必要不可欠である。新しい技術は一定の問題を解決するが、新たにそれまで存在しなかった問題を生むことがある。従って、脳情報通信の研究の進展に応じて、生命倫理に関する議論や制度化も並行して行われねばならない。このように考えた場合、欧州の事情を知ることは非常に有効と考えられる。また、欧州におけるバイオ ICT には、現在までのところ、脳情報通信ほどの注目が集まっているわけではないが、FP7 でも支援されているように、今後の発展に大いに期待できる。

資料：FP7 における脳情報通信とバイオ ICT 関連プロジェクトリスト

BFI 関連

略称	公募テーマ	コーディネーターと参加者数	研究期間	全予算(EU 拠出分)
WP2007-2008				
SECO	ICT-2007.8.3 Bio-ICT convergence	フランス国立健康・医療研究院	2008-03～ 2012-02	594 万ユーロ(460 万ユーロ)
BION	ICT-2007.8.0 FET Open	パルマ大学(イタリア)、他 3 者	2008-04～ 2011-10	171 万ユーロ(130 万ユーロ)
BRAIN-I-NETS	ICT-2007.8.0 FET Open	グラーツ工科大学(オーストリア)、他 5 者	2010-01～ 2012-12	262 万ユーロ(199 万ユーロ)
WP2009-2010				
EURETILE	ICT-2009.8.1 FET proactive 1	イタリア国立核物理学研究院、他 4 者	2010-01～ 2013-06	597 万ユーロ(459 万ユーロ)
SEEBETTER	ICT-2009.8.8 Brain-inspired ICT	IMEC(ベルギー)、他 3 者	2011-02～ 2014-01	276 万ユーロ(210 万ユーロ)
REALNET	ICT-2009.8.8 Brain-inspired ICT	IRCCS(イタリア)、他 7 者	2011-02～ 2014-01	310 万ユーロ(239 万ユーロ)
BRAINSCALES	ICT-2009.8.8 Brain-inspired ICT	ハイデルベルグ大学(ドイツ)、他 9 者	2011-01～ 2014-12	1117 万ユーロ(850 万ユーロ)
CORONET	ICT-2009.8.8 Brain-inspired ICT	マクデブルグ大学(ドイツ)、他 5 者	2011-01～	349 万ユーロ(266 万ユーロ)

			2014-12	
WP2011-2012				
HBP	ICT-2011.9.5 FET	ローザンヌ工科大学(スイス)、他 12 者	2011-05～ 2012-04	1632 万ユーロ(1414 万ユーロ)

BMI 関連

略称	公募テーマ	コーディネーターと参加者数	研究期間	全予算(EU 拠出分)
WP2007-2008				
RENACHIP	ICT-2007.8.3 Bio-ICT convergence	ニューキャッスル大学(英)、他 6 者	2008-02～ 2011-01	329 万ユーロ(259 万ユーロ)
CYBERRAT	ICT-2007.8.3 Bio-ICT convergence	パドヴァ大学(伊)、他 5 者	2008-01～ 2010-12	240 万ユーロ(180 万ユーロ)
TREMOR	ICT-2007.7.2 Accessible and inclusive ICT	CSIC(西)、他 8 者	2008-09～ 2011-08	327 万ユーロ(249 万ユーロ)
BRAIN	ICT-2007.7.2 Accessible and inclusive ICT	ブレーメン大学(独)、他 6 者	2008-09～ 2011-12	406 万ユーロ(269 万ユーロ)
TOBI	ICT-2007.7.2 Accessible and inclusive ICT	ローザンヌ工科大学(スイス)、他 12 者	2008-11～ 2013-01	1190 万ユーロ(904 万ユーロ)
HIVE	ICT-2007.8.0 FET Open	スターラブ(西)、他 6 者	2008-09～ 2012-08	301 万ユーロ(229 万ユーロ)
WP2009-2010				

BRAINABLE	ICT-2009.7.2 Accessible and Assistive ICT	バルセロナ・デジタル技術センター(西)、他 6 者	2010-01～ 2012-12	297 万ユーロ(230 万ユーロ)
MUNDUS	ICT-2009.7.2 Accessible and Assistive ICT	ミラノ工科大学(伊)、他 8 者	2010-03～ 2013-02	432 万ユーロ(335 万ユーロ)
DECODER	ICT-2009.7.2 Accessible and Assistive ICT	ヴュルツベルグ大学(独)、他 8 者	2010-02～ 2013-01	375 万ユーロ(279 万ユーロ)
BETTER	ICT-2009.7.2 Accessible and Assistive ICT	CSIC(スペイン)、他 8 者	2010-02～ 2013-01	395 万ユーロ(295 万ユーロ)
ASTERICS	ICT-2009.7.2 Accessible and Assistive ICT	KI-I(オーストリア)、他 8 者	2010-01～ 2012-12	338 万ユーロ(264 万ユーロ)
FUTURE BNCI	ICT-2009.7.2 Accessible and Assistive ICT	グラーツ工科大学(オーストリア)、他 3 者	2010-01～ 2011-12	55 万ユーロ(50 万ユーロ)
VERE	ICT-2009.8.4 FET proactive 4: Human-Computer Confluence	バルセロナ大学(西)、他 12 者	2010-06～ 2015-05	1110 万ユーロ(850 万ユーロ)
WP2011-2012				
BACKHOME	ICT-2011.5.5 ICT for smart and personalised inclusion	バルセロナ・デジタル技術センター(西)、他 5 者	2012-01～ 2015-06	418 万ユーロ(311 万ユーロ)
ABC	ICT-2011.5.5 ICT for smart and personalised inclusion	バレンシア・バイオ工学研究院(西)、他 8 者	2011-11～ 2014-10	325 万ユーロ(244 万ユーロ)
ENLIGHTENMENT	ICT-2011.9.1 Challenging current Thinking	ルーヴァン・カトリック大学(ベルギー)、他 4 者	2012-03～ 2015-02	323 万ユーロ(223 万ユーロ)
SI-CODE	ICT-2011.9.1 Challenging current Thinking	イタリア技術研究院、他 4 者	2012-03～ 2015-02	327 万ユーロ(247 万ユーロ)

BRAINBOW	ICT-2011.9.3 FET Young Explorers	イタリア技術研究院、他 3 者	2012-02～ 2015-01	130 万ユーロ(99 万ユーロ)

HHS 関連

略称	公募分野	コーディネーターと参加者数	研究期間	全予算(EU 拠出分)
WP2007-2008				
ORGANIC	ICT-2007.2.2 Cognitive systems, interaction, robotics	ヤコブ大学(独)、他 4 者	2009-04～ 2012-03	351 万ユーロ(270 万ユーロ)
SEARISE	ICT-2007.2.1 Cognitive Systems, Interaction, Robotics	フラウン・フォーファー協会(独)、他 6 者	2008-03～ 2011-02	284 万ユーロ(215 万ユーロ)
POETICON		情報・通信・知識技術研究開発研究センター(ギリシア)、他 5 者	2008-01～ 2010-12	427 万ユーロ(325 万ユーロ)
WP2009-2010				
BEAMING	ICT-2009.1.5 Networked Media and 3D Internet	スターラブ(西)、他 10 者	2010-01～ 2013-12	1238 万ユーロ(922 万ユーロ)
EMICAB	ICT-2009.2.1 Cognitive Systems and Robotics	ビーレフェルト大学(独)、他 3 者	2011-02～ 2014-01	204 万ユーロ(154 万ユーロ)
NEURALDYNAMICS	ICT-2009.2.1 Cognitive Systems and Robotics	ルール大学(独)、他 3 者	2011-04～ 2015-03	400 万ユーロ(305 万ユーロ)

計測基盤技術

略称	公募テーマ	コーディネーターと参加者数	研究期間	全予算(EU 拠出分)
----	-------	---------------	------	-------------

WP2007-2009				
CONNECT	ICT-2007.8.0 FET Open	テル・アヴィブ大学(イスラエル)、 他 9 者	2009-12~ 2012-09	317 万ユーロ(240 万ユ ーロ)
WP2008				
FMTXCT	HEALTH-2007-1.2-1 Development of a hybrid imaging system	ミュンヘン・ヘルムホルツ研究セン ター(独)、他 7 者	2008-03~ 2012-08	583 万ユーロ(451 万ユ ーロ)
FUN OCT	HEALTH-2007-1.2-1 Development of a hybrid imaging system	デンマーク工科大学、他 6 者	2008-04~ 2012-09	708 万ユーロ(541 万ユ ーロ)
HYPERIMAGE	HEALTH-2007-1.2-1 Development of a hybrid imaging system	フィリップス・ドイツ、他 7 者	2008-04~ 2011-09	733 万ユーロ(494 万ユ ーロ)
MEGMRI	HEALTH-2007-1.2-1 Development of a hybrid imaging system	アールト大学(フィンランド)、他 12 者	2008-05~ 2012-04	685 万ユーロ(486 万ユ ーロ)
WP2009				
SUBLIMA	HEALTH-2009-1.2-3 Novel MR-compatible PET detectors for simultaneous PET/MRI imaging	フィリップス・ドイツ、他 12 者	2010-09~ 2014-08	1684 万ユーロ(1174 万 ユーロ)

バイオ ICT

略称	公募分野	コーディネーターと参加者数	研究期間	全予算(EU 拠出分)
WP2007-2008				
NEUROCHEM	ICT-2007.8.3 Bio-ICT convergence	バルセロナ大学(西)	2008-01~ 2010-12	285 万ユーロ(215 万ユ ーロ)

BIOTACT	ICT-2007.8.3 Bio-ICT convergence	シーフィルド大学(英)、他 9 者	2008-01～ 2011-12	777 万ユーロ(539 万ユーロ)
BRAINSTORM	ICT-2007.8.3 Bio-ICT convergence	IMEC(ベルギー)、他 3 者	2008-01～ 2010-12	424 万ユーロ(320 万ユーロ)
LAMPETRA	ICT-2007.8.3 Bio-ICT convergence	聖アンナ高等研究院(伊)、他 4 者	2008-02～ 2011-07	221 万ユーロ(170 万ユーロ)
WP2009-2010				
BACTOCOM	ICT-2009.8.3 FET Proactive 3: Bio-chemistry-based Information Technology (CHEM-IT)	マンチェスター・メトロポリタン大学 (英)	2010-02～ 2013-01	255 万ユーロ(194 万ユーロ)
MATCHIT	ICT-2009.8.3 FET Proactive 3: Bio-chemistry-based Information Technology (CHEM-IT)	SYDDANSK 大学(デンマーク)、他 3 者	2010-02～ 2013-01	363 万ユーロ(277 万ユーロ)
NEUNEU	ICT-2009.8.3 FET Proactive 3: Bio-chemistry-based Information Technology (CHEM-IT)	イエナ大学(独)	2010-02～ 2013-01	233 万ユーロ(178 万ユーロ)