

テラヘルツ技術動向調査報告書

平成 21 年 3 月

テラヘルツ技術動向調査委員会
財団法人 テレコム先端技術研究支援センター

はじめに

人類の電磁波開拓の幕開けは、19世紀末期から20世紀初頭にさかのぼるが、その後、電磁波は、情報通信、センシング、計測、エネルギー、医療など、様々な分野で私たちの生活を豊かにしてきた。特に今、私たちのごく身近な存在になったFTTH(Fiber To The Home)とCellular Phoneは、この四半世紀にブレイクした「光」ファイバー通信技術と「マイクロ波」無線通信技術が支えている。これら光波とマイクロ波の境界に位置する電磁波領域(100GHzから10THzの周波数領域)は、「テラヘルツ電磁波(あるいはテラヘルツ波)」と呼ばれ、21世紀に残された最後の未開拓電磁波として注目されている。

「テラヘルツ技術」とは、文字通り、テラヘルツ波の発生・検出とその利用に関する技術であるが、ここ数年、国内外で研究開発が活況を帯びている。国内においては、平成16年度に総務省の委託により、(財)テレコム先端技術研究支援センター(SCAT)のもと、テラヘルツテクノロジー動向調査委員会が設置され、当時の研究状況と将来展望がまとめられた。その後も、テラヘルツ技術の進展は著しく、世界中でひとつの研究ブームを迎えていると言っても過言ではない。

本動向調査委員会は、上記の委員会から4年が経過した今日、もう一度、テラヘルツ技術の現状を整理するとともに、いち早く産業利用に結び付けるにはどのような課題が残っているか、それに向けてどのような技術開発に注力していくべきかのロードマップを作成することを主たる目的として、情報通信研究機構(NICT)の委託のもと設置されたものである。本委員会では、産業化において核となる、センサー、情報通信、標準の3つの部会を設置し、総勢19名の委員の皆様にご参加いただき、3ヶ月間にわたり議論を重ねた。さらにアンケート調査を利用することで、50名を超える専門家の方々のご意見を集約し、より綿密な調査報告となるよう努めた。本調査報告書が、今後、テラヘルツ技術の産業化を加速し、国内における新産業の発展のための一助となることを願っている。

最後に、委員会にご出席いただき貴重なアドバイスを頂戴した、総務省 情報通信国際戦略局技術政策課 研究推進室の皆様、アンケート調査にご協力いただいた皆様、そして、本調査活動に精力的に取り組んでいただいた委員の皆様、SCATの皆様、NICT関係各位に心から感謝の意を表したい。

平成21年3月

テラヘルツ技術動向調査委員会
委員長 永妻忠夫

テラヘルツ技術動向調査委員会委員

委員長	永妻 忠夫	大阪大学大学院 教授
幹事	味戸 克裕	日本電信電話（株）
委員	飯田 仁志	（独）産業技術総合研究所
委員	大谷 知行	（独）理化学研究所
委員	小川 雄一	東北大学大学院 准教授
委員	小田 直樹	日本電気（株）
委員	尾辻 泰一	東北大学 電気通信研究所 教授
委員	久々津 直哉	日本電信電話（株）
委員	座間 達也	（独）産業技術総合研究所
委員	島田 洋蔵	（独）産業技術総合研究所
委員	荘司 洋三	（独）情報通信研究機構
委員	関根 徳彦	（独）情報通信研究機構
委員	塚本 勝俊	大阪大学大学院 准教授
委員	林 伸一郎	（独）理化学研究所
委員	原 直紀	（株）富士通研究所
委員	枚田 明彦	日本電信電話（株）
委員	深澤 亮一	（有）スペクトルデザイン
委員	矢板 信	日本電信電話（株）
委員	安井 武史	大阪大学大学院
オブザーバー		総務省 情報通信国際戦略局 技術政策課 研究推進室
監修	竇迫 巖	（独）情報通信研究機構
事務局		（財）テレコム先端技術研究支援センター

センサー応用分野調査部会委員

部会長	大谷 知行	(独) 理化学研究所
委員	小川 雄一	東北大学大学院 農学研究科 准教授
委員	小田 直樹	日本電気 (株)
委員	林 伸一郎	(独) 理化学研究所
委員	深澤 亮一	(有) スペクトルデザイン

情報通信分野調査部会委員

部会長	久々津 直哉	日本電信電話 (株)
委員	味戸 克裕	日本電信電話 (株)
委員	尾辻 泰一	東北大学 電気通信研究所 教授
委員	荘司 洋三	(独) 情報通信研究機構
委員	塚本 勝俊	大阪大学大学院 准教授
委員	原 直紀	(株) 富士通研究所
委員	枚田 明彦	日本電信電話 (株)
委員	矢板 信	日本電信電話 (株)

標準技術分野調査部会委員

部会長	島田 洋蔵	(独) 産業技術総合研究所
委員	飯田 仁志	(独) 産業技術総合研究所
委員	座間 達也	(独) 産業技術総合研究所
委員	関根 徳彦	(独) 情報通信研究機構
委員	安井 武史	大阪大学大学院

目 次

第 1 章	総論	1
1.1	注目されるテラヘルツ技術	1
1.2	委員会設置の目的と経緯	2
1.3	調査結果の概要	3
第 2 章	センサー技術動向	5
2.1	センシング技術動向の現状	5
2.1.1	光源	5
2.1.2	センサー、カメラ	9
2.1.3	その他の光学部品等	12
2.1.4	分光システム	15
2.2	他の競合技術との比較	17
2.2.1	各帯域の特徴と応用分野	17
2.2.2	分光センシング	21
2.2.3	イメージング	24
2.3	ニーズと必要な技術	28
2.3.1	要求性能	28
2.3.2	今後取り組むべき技術課題	30
2.4	テラヘルツ波センシング・イメージングのロードマップ	33
2.4.1	ロードマップ	33
2.4.2	応用分野の具体像に関するケーススタディ	37
2.5	市場規模（IT 関連分野は除く）	43
第 3 章	通信分野の技術動向	47
3.1	通信技術の現状	47
3.1.1	大容量無線通信が要望される背景	47
3.1.2	現在の無線 LAN の高速化動向	48
3.1.3	これまでのテラヘルツ波帯無線の研究例	49
3.1.4	テラヘルツ波帯無線への期待	50
3.2	電波特性から見たテラヘルツ波帯周波数利用予測	51
3.2.1	テラヘルツ波帯周波数の使用状況	51
3.2.2	電波の伝搬特性から見たテラヘルツ波帯無線の特徴	52
3.3	テラヘルツ波帯無線システムのアプリケーション	57
3.3.1	テラヘルツ波帯無線通信の特徴と想定される適用先	57
3.3.2	有望なアプリケーションと要求条件	57
3.3.3	競合技術	60
3.3.4	テラヘルツ波帯無線システム技術の課題	61
3.4	テラヘルツ波帯無線システムとフォトニックネットワークの融合	63
3.5	テラヘルツ波帯無線通信のロードマップ	66
3.5.1	テラヘルツ波帯無線のシステム性能及びロードマップ	66
3.5.2	テラヘルツ波帯無線システムのロードマップ	72
3.6	テラヘルツ波帯無線用デバイスのロードマップ	73
3.6.1	テラヘルツ波帯無線通信用デバイスの現状	73
3.6.2	システム性能から要求されるデバイス性能の整理	74

3.6.3	周波数領域毎の10年後のデバイス性能予測	74
3.6.4	周波数領域毎のデバイス性能進展のロードマップ	75
3.6.5	アンテナ技術	77
3.6.6	上記デバイス性能を実現するための技術的課題及び重点開発項目	79
3.7	市場規模と時期	79
3.7.1	拠点間無線通信（FWA、災害対策用無線通信等）	81
3.7.2	放送	82
3.7.3	屋内（ホーム、オフィス）	82
3.7.4	公共交通機関	83
3.7.5	ITS	84
3.7.6	医療	84
3.8	テラヘルツ波帯無線システムの周辺技術（参考情報）	84
第4章	標準分野の技術動向	89
4.1	周波数標準	90
4.1.1	周波数標準の現状	90
4.1.2	周波数関連技術の動向	92
4.1.3	周波数標準に対する要望と課題	94
4.1.4	今後の展望	97
4.2	放射源の標準	99
4.2.1	テラヘルツ帯放射源の現状	99
4.2.2	テラヘルツ帯放射源標準の動向	100
4.2.3	テラヘルツ帯放射源標準に対する要望と課題	104
4.2.4	今後の展望	107
4.3	検出器の標準	108
4.3.1	テラヘルツ帯パワー検出器の現状	108
4.3.2	テラヘルツ帯パワー標準の動向	109
4.3.3	パワー標準に対する要望と課題	110
4.3.4	今後の展望	112
4.4	テラヘルツ帯測定システムの精度管理技術	113
4.4.1	テラヘルツ帯測定システム	113
4.4.2	精度管理の現状	114
4.4.3	精度保証のための技術課題	116
4.4.4	今後の展望	117
4.5	データベース	118
4.5.1	テラヘルツデータベース	118
4.5.2	データベースの整備動向	121
4.5.3	データベース整備への課題	123
4.5.4	データベース整備のロードマップ	125
4.6	標準分野アンケート総括	126
4.6.1	テラヘルツ帯計測機器利用の現状	127
4.6.2	データベースの利用に関する現状	127
4.6.3	標準・規格・データベースに対する要望	128