

- **人間の歩行を精密に再現する進化型3次元CGシミュレーション
ーリハビリ・義足設計に応用可能な歩行シミュレーションシステムの開発に成功ー**
- 平成13年12月6日

独立行政法人通信総合研究所(以下CRL、理事長:飯田尚志)けいはんな情報通信融合研究センターと独立行政法人産業技術総合研究所(以下産総研、理事長:吉川弘之)は共同で、リハビリテーションへの応用を目指した、人間の多様な歩行動作を精密にシミュレーションし、リアルタイムで遠隔地間3次元可視化するシステムの開発に成功しました。これにより、最適な義足の設計などを可能にしました。

<背景>

CRLけいはんな情報通信融合研究センターでは、臨場感のある超高精細な3次元バーチャルリアリティ空間を通信し共有する「3次元空間共有通信」(Internet-3D)の研究を推進しています。一方、産総研では、生物学的な原理に基づく運動生成メカニズムの解明とその工学的実現に関する研究開発を推進しています。今回の歩行シミュレーション技術は、両者の技術の融合により実現しました。

<今回の成果>

(1)人の精密な神経・筋骨格モデルによる3次元歩行生成

近年の神経生理学の知見である、生体の筋肉骨格系と神経系の相互作用によるリズムカルな運動の生成原理に基づいた、精密な「人の3次元歩行シミュレーション」を完成しました。

(2)人の神経系モデルの進化的生成

従来、試行錯誤が必要で大変な手間がかかっていた神経制御システムの構築を、「遺伝的プログラミング技術」を用いて自動的に精密に再現することに成功しました。様々な体格の人の多様な歩き方に自動的に対応できるので、義足歩行も容易にシミュレーションすることができ、義足の最適な設計寸法を、自動的に求めることが可能になりました。

(3)リアルタイム3次元CGアニメーションとその遠隔地間共有通信

先進のCGテクノロジー「超幾何図形モデル」をベースにして、3次元バーチャル空間内で、歩行動作をリアルタイムで3次元アニメーションすることに成功しました。また、この「バーチャル人間の歩行動作」を遠隔の多地点間で3次元空間共有通信することに成功しました。

<今後の発展>

今後、今回確立した基礎技術をベースにして、遠隔地間でのリハビリテーション、義足の設計支援、高齢者の転倒予防を目指した歩行訓練システム、そしてヒューマノイドロボットのシミュレーション等の応用を目指します。

問い合わせ先:

独立行政法人通信総合研究所

けいはんな情報通信融合研究センター 画像グループ 荒川 佳樹 Tel: 0774-95-2470

独立行政法人産業技術総合研究所

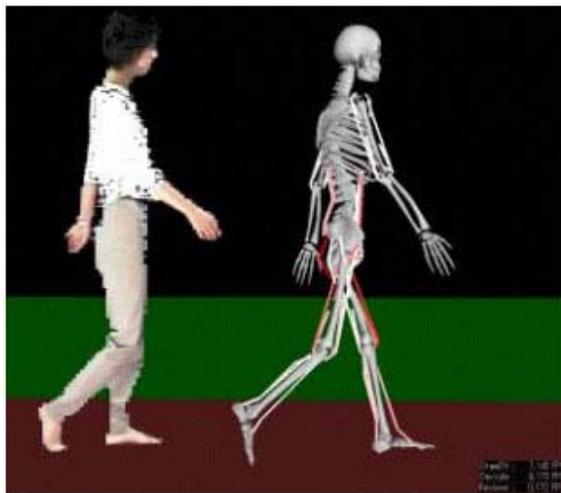
知能システム研究部門 分散システムデザイングループ 宮下 和雄 Tel: 0298-61-5963

人間福祉医工学研究部門 高齢者動作支援工学グループ 長谷 和徳 Tel: 0298-61-6169

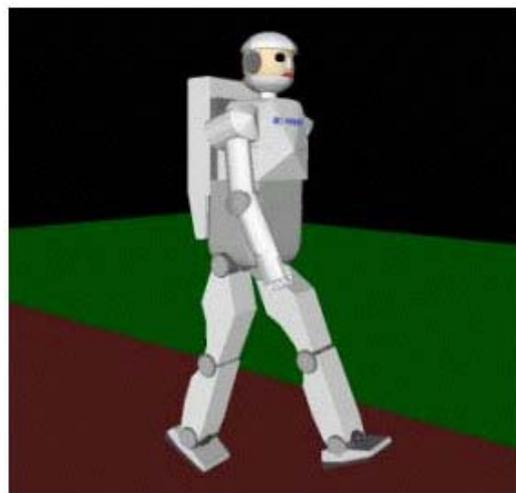
<補足資料>

1. 歩行シミュレーションの適用事例

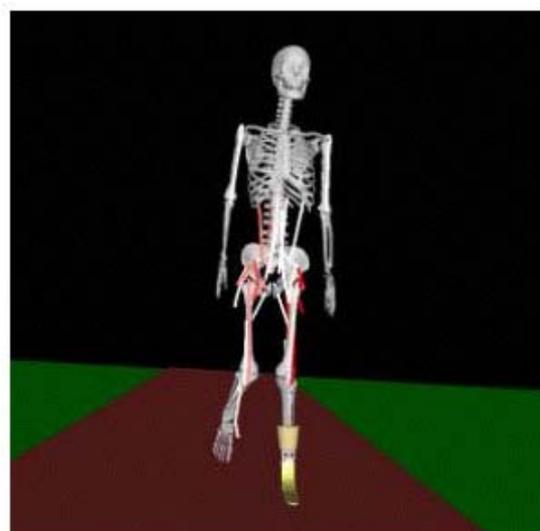
今回開発したソフトウェアを用いた、歩行シミュレーション例を以下に示します。



実際の人の歩行と歩行モデルとの比較



ヒューマノイドロボットの歩行生成



義足の歩行シミュレーション(左下肢)と義足の最適設計

2. 超幾何図形モデル

今回開発したソフトウェアでは、通信総合研究所において開発した先進の3次元CGテクノロジー「超幾何図形モデル」をベースにしています。その一端を紹介します。

<従来法>

従来の3次元図形処理では、(4角形以上の任意の)多角形を用いる方法が一般的でした(ポリゴンベース処理、(1)を参照)。このような方式では、データ構造および処理アルゴリズムともに非常に複雑となります。また、処理効率も高いとは言えませんでした。

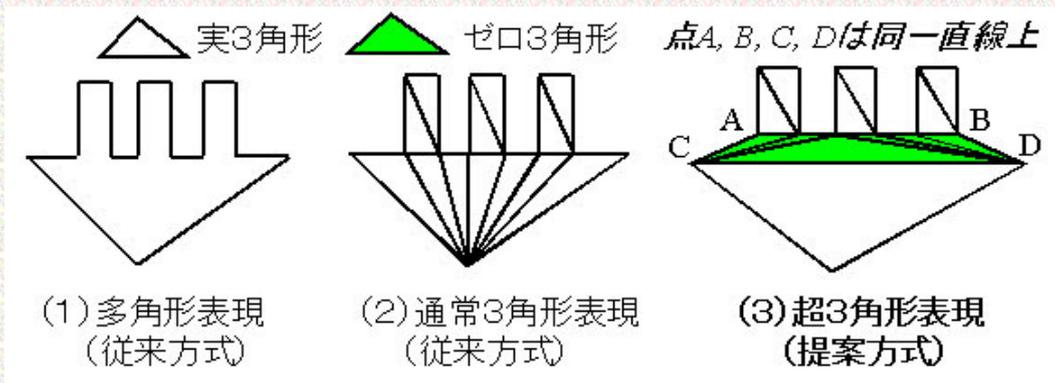
<提案法>

「超幾何図形モデル」の1つである「超3角形幾何」に関して説明します。超3角形幾何は、3角形幾何を持つ究極的な単純性に着目し、かつその欠点であるデータ量の急激な増大等を克服した画期的な図形処理方式です。

超3角形幾何図形処理とは、(3)に示すように、通常の3角形概念を拡張し、3角形の3つの頂点が同一直線上となる「ゼロ3角形」を包含した図形処理方式です。ゼロ3角形は、その面積がゼロで、3角形と線分の両方の特質(2面性)を合わせ持ちます。そこで、超3角形法では、3角形幾何を持つ表現性と処理性を飛躍的に増大することができました。

例えば、(2)と(3)を比較すると、従来法では、面を表現するのに13個の(通常の)3角形が必要ですが、超3角形法では、約半分の7個ですみます。ゼロ3角形は6個となりますが、通常「線分」として扱われるので、3角形としてカウントされません。このように非常に少ない3角形で表現処理できるので、非常に高速・高効率かつ柔軟な図形処理が実現できます。

このような理由により、形状間の干渉チェックや断面生成を高速に行うことができます。そこで、バーチャル・リアリティ空間(3次元CG空間内のウォーク・スルー等)における高度な機能をリアルタイムで実現することが可能になりました。



3. 進化型歩行モデル

<ポイント>

1)実際の生体の運動発生メカニズムを精密に再現した神経筋骨格モデルを有する歩行シミュレーションシステムの開発に成功した。

2)遺伝的プログラミングなどの進化型計算手法を用いることで、正常歩行だけでなく、非対称動作を含む障害歩行やランニング動作までも自動的に生成することができる。

3)義足歩行を想定したシミュレーションでは歩行パターンを生成するだけでなく、義足の設計寸法までも進化型計算により最適なものに自動的に修正することが可能である。

4)このシミュレーションモデルを用いれば、転倒現象など実際の患者や高齢者を対象とした実際の実験では実現困難な様々な歩行運動を容易に計算機上で生成することができるため、リハビリテーション分野への応用が期待される。

<研究の経緯>

産業技術総合研究所では、福祉医療工学やロボット工学における要素技術として、生物学的原理に基づく運動生成メカニズムの解明とその工学的実現に関する研究開発を推進してきている。

<概要>

リハビリテーション分野への応用を目指した人の歩行の計算機シミュレーションシステムの開発に成功した。歩行モデルは3次元の筋骨格モデルとリズム発生特性を有する神経系システムからなり、神経制御システムの基本構造やパラメータは進化型計算手法により自動的に変更することができる。そのため、多数歩の3次元歩行を人為的試行錯誤に頼ることなく実現することができ、さらに非対称動作を含む障害歩行やランニング動作までも自動的に実現することができた。また義足歩行を想定したシミュレーションでは歩行運動パターンだけでなく、最適な義足の設計寸法までも進化型計算によって算出することに成功した。このようなシミュレーションモデルを用いれば、転倒現象や多数回の試行実験など、患者や高齢者を対象とした実際の実験測定では実現困難な条件を容易に計算機上で生成することが可能なため、リハビリテーションなどの臨床医療分野への応用が期待される。

<今後の展望>

神経筋骨格モデルの解剖学的、神経生理学的妥当性をさらに向上させ、実際の臨床現場における実証を目指す。また、進化的計算手法に関しても、より柔軟で多様な運動様式を容易に獲得できる計算アルゴリズムの検討も行う予定である。さらに、歩行シミュレーション技術は、立体画像の通信共有技術との親和性に優れており、遠隔地でのリハビリテーション・コンサルタント支援などに取り組む予定である。

4. 3次元空間共有通信

通信の歴史を大雑把に振り返ると、音声通信(電話、1次元)から画像通信(テレビ、2次元)へと発展してきました。では、その次に来る通信は何でしょうか？ この質問に対する我々の答えは、「3次元空間共有通信」(以下、3次元通信)です。21世紀は、いよいよ3次元通信の時代であると、我々は確信しています。3次元通信とは、3次元(立体)画像や3次元音響を用いて、3次元の情報空間・環境を生成し、この3次元情報空間・環境を通信して共有します。我々はさらに、この3次元通信を次世代のインターネット技術と融合することを考えています。これを、3次元(3D)メディアを中核としたインターネットという意味で、**Internet-3D**と呼んでいます。これが、我々が考えているインターネットの未来像です。

<用語解説>

進化型計算手法

進化型計算手法は、生物の進化のメカニズムをまねて、データ構造を変形、合成、選択する手法である。この方法により、最適化問題の解法や有益な構造の生成を目指す。進化型計算手法の大きな利点の一つは、「答えの解き方が分からない」あるいは「構造が明確でない」という問題に対して威力を発揮する。

遺伝的プログラミング

遺伝的プログラミングは進化型計算手法の1つである。与えられた問題を解決するための望ましい計算機プログラムを探索する。遺伝的プログラミングにおいて、進化の対象となる個体は可変の長さを持つ階層的な計算機プログラムである。プログラムを遺伝子とする集団を保持し、それに対して再生、交差、突然変異などの遺伝子操作と選択淘汰を繰り返しながら望ましいプログラムを探索していく手法である。