

“Walk-Mate” Project 2004

－共創型インタフェースを活用する歩行介助システムの開発－

三宅 美博

東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻

miyake@dis.titech.ac.jp

<http://www.myk.dis.titech.ac.jp>

1. “Walk-Mate”プロジェクトとは

高齢者における歩行障害の発生頻度は非常に高い。たとえば1 km歩けない高齢者の割合は70歳代で20～30%、80歳代では40%にも達すると言われている。そして、このような高齢者が積極的に社会参加するための介助システムを開発することは社会的ニーズに極めて合致したものである。このような背景において本プロジェクトでは、我々がこれまで開発を進めてきた「共創型インタフェース技術」を活用し、高齢者に優しい「共創型歩行介助システム」を開発し実用化することを目標としている。そして活力あふれる共創的バリアフリー社会の実現をめざす(図2)。

共創型インタフェースとは、人間同士の身体的コミュニケーションを介して様々な協調機能をリアルタイムに共創する全く新しいインタフェース技術である。実際に高齢者の歩行介助の現場では、介助者と被介助者が手を携え一緒に歩きながら機能回復を進める共創型の訓練が用いられることが多く、本インタフェース技術の有効な適用領域になっている。ただし、これは歩行介助に限られるものではなく、人間のコミュニケーション領域に広く展開可能な技術である。

既に、我々は、計算機内の仮想的な歩行ロボットと実空間の人間が足音を介して同調歩行し、その結果として歩行運動を安定化する共創型歩行介助システムの基礎研究を進めてきた(図3～10)。そこでは人間の足音が仮想ロボットに伝えられ、仮想ロボットの足音が人間に戻される中で運動のタイミングを調整し、人間と仮想ロボットの歩行リズムが相互に歩み寄って同調し、歩行運動自体が安定化され転倒防止に効果があることが示された。さらに片麻痺・パーキンソン病等に起因する歩行障害に緩和効果の見られることも確認されている(図16～20)。

本プロジェクトでは、三宅研究室において推進されてきた共創型インタフェースに関する基礎研究とその歩行介助への有効性調査の実績を踏まえ、実際に歩行介助の現場へ適用できる共創型歩行介助システムとして実用化することをめざしている。具体的には、実験セットの段階まで開発されていたWalk-Mateを高齢者に適したウェアラブルな介助システムとして構築し、さらに歩行障害種別に依存した多様なインタフェースプログラムの開発を進めることになる。そして、最終的には介助に関わる基盤技術としての事業化し、共創型コミュニティの創出に寄与することをめざすものである。

2. 今年度の成果

Walk-Mateプロジェクトはの現状は、ものづくりの段階から臨床応用への展開期にあたる。昨年度までは、経済産業省の大学発事業創出(代表:三宅)の支援を受けて、三宅研究室における研究成果と岡谷における製造技術のコラボレーションを実現し、ハードウェアの試作が進められていた。その際には、岡谷側からはプラットフォームのコーディネーターとして大橋氏(インダストリ・ネットワーク)、ハードウェアの設計製作を御子柴氏(スマートセンサ・テクノロジー)、工業デザインを堀内氏(ケルビム)の協力を得た(図12～14)。現在は、その成果を踏まえて、臨床現場への展開およびマーケティング戦略等も含めて推進しつつある。

このような背景の中で今年度は臨床評価を中心に取り組みつつあり、脳血管障害あるいは整形外科疾患による片麻痺歩行への支援に注目している。また、国内に留まらず海外との連携の強化にも力を入れている。さらに、歩行介助システムと併用される歩容計測システムについても開発に着手した。このように総合的に展開しつつあるプロジェクトの現状を以下に簡単にまとめる。

1) 片麻痺患者への有効性評価(玉川病院神経内科および整形外科)

本介助システムを臨床現場に適用しつつ、様々な歩行障害に応じた介助プログラムを開発する

ことが重要である。そこで、本プロジェクトでは、転倒防止、片麻痺、パーキンソン病等を対象としたシステム開発を目標としてきたが、今年度は片麻痺歩行に限定して取り組んでいる。脳血管障害に起因する患者については、昨年度から継続して玉川病院神経内科の和田氏と研究協力を進めている(図15)。さらに、今年度は関節の障害など整形外科疾患に起因する患者も対象とするために、同病院の整形外科の松原氏にも協力を求め、片麻痺歩行の歩行介助について神経系と身体系の両面から、Walk-Mateの有効性評価に取り組んでいる。

2) 海外(特にEU)への展開(ミュンヘン大学 GRP 研究所)

これまでは国内を中心にプロジェクトを展開してきたが、今年度からは海外への展開を開始した。その第一歩として、既に我々と研究上で連携のあるミュンヘン大学において Walk-Mate の有効性評価を進めている(図21~23)。特に、ヨーロッパではパーキンソン病の発症率が日本の2倍であり、当初より我々の介助手法に注目が集まっていたが、EUからの予算措置もあって、今年度から評価試験を開始することができた。これはGRP(Generation Research Project)というEUにおける高齢者問題に対処するための統合プロジェクトの一環として推進されている。

3) 歩容計測システムへの展開(神奈川県総合リハビリテーションセンター・玉川病院整形外科)

歩行介助に必要でありながら、これまで取り残されていた問題として歩容評価システムがある。ただ運動計測にはモーションキャプチャーシステムという数千万円もする大掛かりな装置が必要であり、これまでは日常生活の中で手軽に運動状態を計測することはできなかった。そこで、神奈川県総合リハビリテーションセンターの國見氏、および玉川病院の松原氏の協力の下で、Walk-Mateシステムの加速度センサーを応用し、簡便に3次元の歩容計測できるシステムを開発した(図24)。これは、Walk-Mateに限らず汎用の運動計測システムとしての展開の可能性も含んでいる。

3. まとめと展望

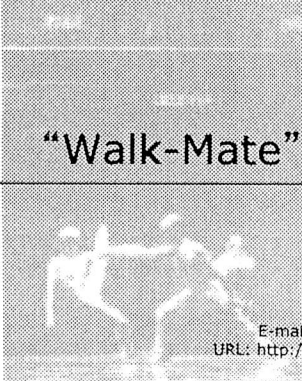
今後、Walk-Mateプロジェクトは、さらに臨床現場へ展開することになる。そしてマーケティングへと進む。岡谷のものづくりの方々との協力も、新しいコラボレーションの段階に入っていくことになるが、ものづくり、市場づくり、そしてコミュニティ創りへと共創的に発展することは本プロジェクトの最終目標でもある。その意味で、今後とも、本プロジェクトと岡谷の方々との密な連携を深めることができれば幸いである。

最後になったが、我々の Walk-Mate プロジェクトへの取り組みが評価され、計測自動制御学会から2004年度の論文賞を頂いたことをご報告し、ご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

参考資料

- 1) 三宅美博, 場と共創(分担: “コミュニカビリティと共生成” 第4章 pp. 339-397), NTT 出版, 東京(2000)
- 2) 三宅美博, 宮川透, 田村寧健, “共創出コミュニケーションとしての人間-機械系,” 計測自動制御学会論文集, vol. 37, no. 11, pp. 1087-1096 (2001)
- 3) 武藤剛, 三宅美博, “歩行介助を目的とする人間-ロボット協調系における共創出過程の解析,” 計測自動制御学会論文集, vol. 38 no. 3, pp. 316-323 (2002)
- 4) 高梨豪也, 三宅美博, “共創型介助ロボット“Walk-Mate”の歩行障害への適用,” 計測自動制御学会論文集, vol. 39 no. 1, pp. 74-81 (2003) [← 2004年度計測自動制御学会論文賞受賞]
- 5) 武藤剛, 三宅美博, “人間-人間協調歩行系における共創出プロセスの解析,” 計測自動制御学会論文集, vol. 40, no. 5, pp. 554-562 (2004)
- 6) 武藤剛, 三宅美博, “歩行介助における共創出プロセスの解析,” 計測自動制御学会論文集, vol. 40, no. 8, pp. 873-875 (2004)
- 7) 渥美将利, 三宅美博, 國見ゆみ子, 野村進, 別府政敏, “歩行介助システム Walk-Mate の時間的・運動学的な有効性評価,” 計測自動制御学会論文集 (under review)
- 8) 栗塚義人, 三宅美博, 小林洋平, “音楽的コミュニケーションを用いた歩行介助システム,” 計測自動制御学会論文集 (under review)
- 9) Miyake, Y., “Co-creation system,” Cognitive Processing, vol. 3, pp. 131-136 (2002)

“Walk-Mate” プロジェクト



三宅 美博
東京工業大学

E-mail: miyake@dis.titech.ac.jp
URL: http://www.myk.dis.titech.ac.jp

“Walk-Mate” プロジェクト #1

イノベーションサイクル


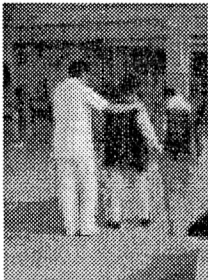
製品化およびマーケティング
2004~

試作および臨床評価
2002~

基礎研究
1993~

諏訪の“ものづくり”との
コラボレーション
インダストリー・ネットワーク
スマートセンサー・テクノジ
ケルビム・デザイン

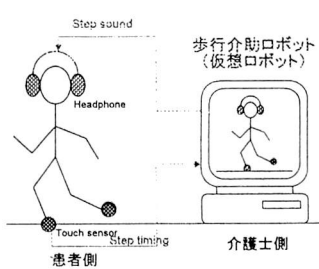
一緒に歩くということ

協調歩行

歩行介助

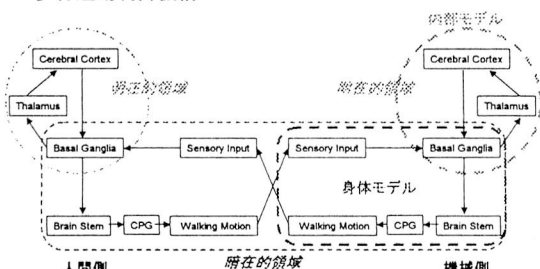
一緒に歩いてくれる介助ロボット



(Miyake & Tamura 1997, Miyake et al. 1999, 2001)

その生理学的背景

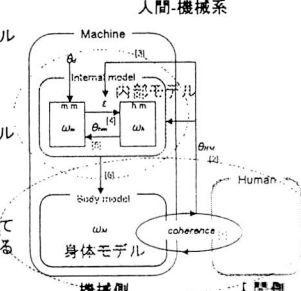
■ 歩行運動制御機構



(Takakusaki et al., 2003)

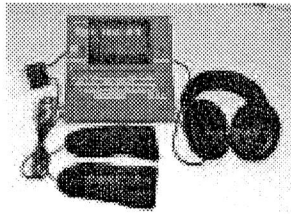
二重性モデル

- 身体モデル
「場」を生成する身体的モデル
暗在的領域 (自他非分離)
- 内部モデル
「場」を解釈する認知的モデル
明在的領域 (自他分離)
- 相互拘束
両モデルの相互拘束を介して
内部モデルと「場」を生成する
自己言及プロセス



(Miyake 1997, Miyake et al. 1999, 2001)
(二重性モデル例)

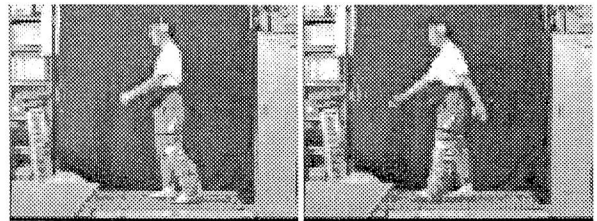
“Walk-Mate” (ウォークメイト)



(Miyake & Tamura 1997
Miyake *et al.* 1999, 2001)



歩行パターンの改善

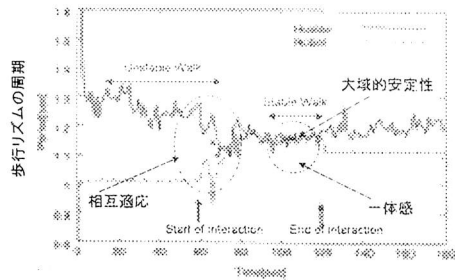


単独歩行

Walk-Mateとの協調歩行

歩行パターンの改善

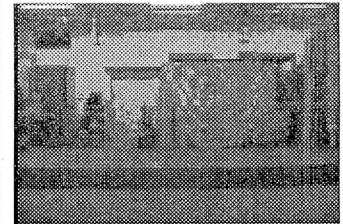
■ 相互適応と大域的安定性



歩行障害への適用



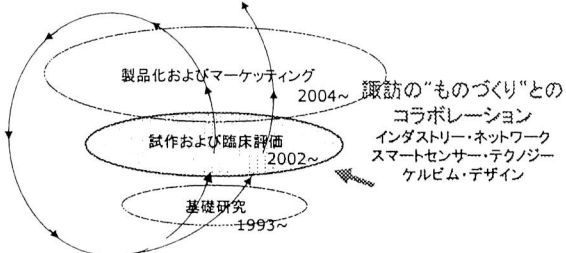
デイケア施設高森荘



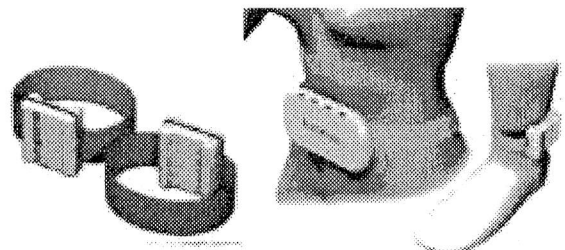
神奈川県総合リハビリテーションセンター

“Walk-Mate” プロジェクト #2

イノベーションサイクル

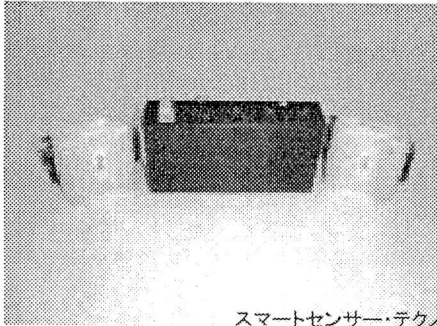


New “Walk-Mate”



ケルビム・デザイン

New "Walk-Mate"

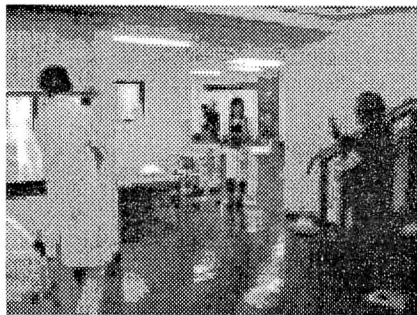


スマートセンサー・テクノロジー

New "Walk-Mate"



医療機関での臨床評価

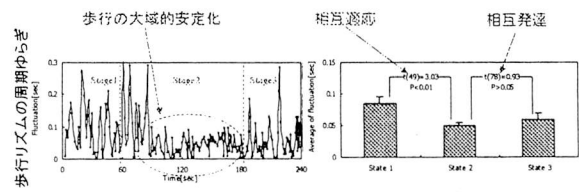


日産財団玉川病院・リハビリテーション科

Hemiplegia (片麻痺)

歩行の安定性の改善

Age: 86, Gender: male, Disease: Hemiplegia on right-side



Fluctuation of step period

$$Fluctuation_i = |T_i - T_{i-1}|$$

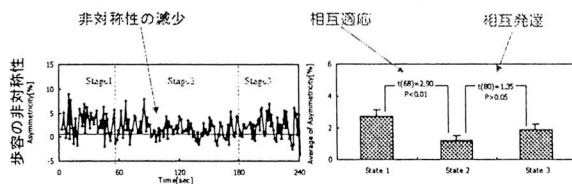
Statistical Analysis

(Takanashi & Miyake 2003)

Hemiplegia (片麻痺)

歩行の対称性の改善

Age: 86, Gender: male, Disease: Hemiplegia on right-side



Asymmetry of footstep

$$Asymmetry_i = \frac{t_{r,i} - t_{l,i}}{T_i} - 0.5$$

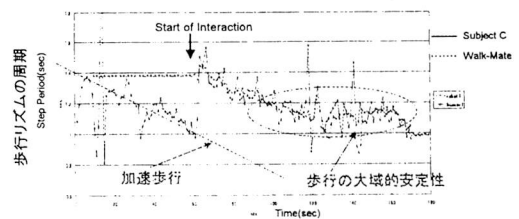
Statistical Analysis

(Takanashi & Miyake 2003)

PD (パーキンソン病)

加速歩行の安定化

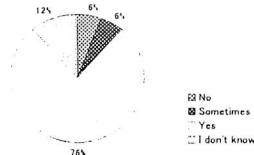
Age: 87, Gender: female, Disease: Parkinson's syndrome, Acceleration walk



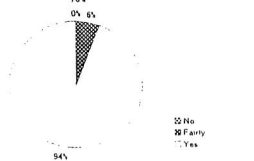
(Takanashi & Miyake 2003)

アンケート結果

Q Walk-Mateとの歩行によって歩調は安定化しましたか？
Do you think your steps were more regular with the Walk-Mate?



Q Walk-Mateとの歩行によって一体感を感じましたか？
Did you feel the sense of togetherness with the Walk-Mate?



他の介助方法との比較

歩行リズムの安定性

歩容の対称性

	Stage 1	p	Stage 2
Metronome	0.027	0.27	0.03
Stepsound	0.026	0.48	0.027
Entrainment	0.027	*	0.02
Co-creation	0.029	**	0.019

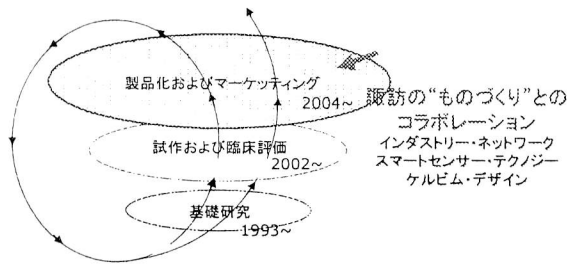
	Stage 1	p	Stage 2
Metronome	-7.99	0.11	-7.75
Stepsound	-9.27	0.12	-9.07
Entrainment	-9.23	0.1	-9.01
Co-creation	-7.45	**	-3.62

Significant improvement
Walk-Mate

Significant improvement
Walk-Mate
(Takanashi & Miyake 2003)

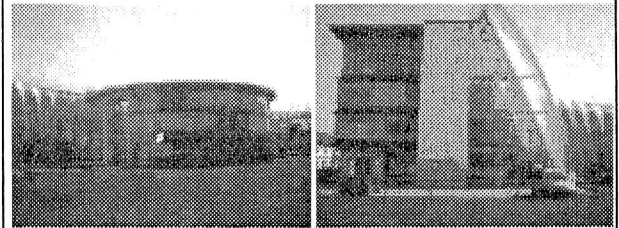
“Walk-Mate” プロジェクト #3

イノベーションサイクル



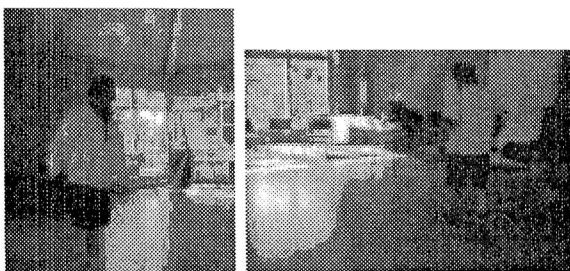
ドイツにおける展開

■ GRP(Generation Research Program)プロジェクト



GRP研究所 Munich, Germany

ドイツにおける展開



レングレス病院-ドイツ

歩容計測システム

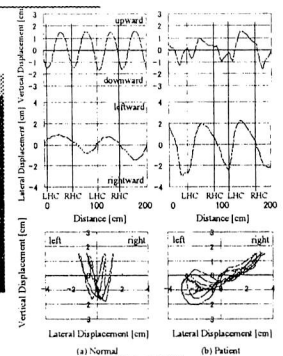
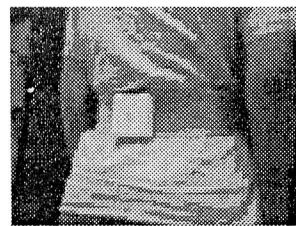


Fig. 5 Gait trajectory