

三鷹市「民学産公」協働研究事業報告書

SEGWAY（自立2輪車）のユニバーサルデザイン化

学校法人 法政大学

## 1. 概要

法政大学工学部システムデザイン学科（当時）の小林尚登教授と、フランス・ベルサイユ大学の Pierre Blagevic 教授は、日仏共同研究プロジェクトとして「二輪型電動スクーターSegway の利用に関する研究」を企画し、笹川日仏財団の援助を受け、このプロジェクトを実施した。本研究は、この共同プロジェクトの一環として、Segway のユニバーサルデザインに関する研究を実施したものである。

本プロジェクトは、日本およびフランスの学生スタッフが、共通の研究テーマを通じた共同研究を行い、各国の文化や教育環境などについて相互理解を深める事を、プロジェクトの最大の目的としている。プロジェクトの期間は 2006 年 4 月～2007 年 3 月までの 1 ヶ月間であり、この期間内に相互の学生スタッフの決定、日本側スタッフによるフランス訪問、フランス側スタッフによる日本訪問、および遠隔会議システムを用いた二国間会議等を行った。

本プロジェクト内における本研究（Segway のユニバーサルデザイン化）は、主に健常者向けに利用されている Segway の利用範囲を、高齢者にも広げる事を主な目的に実施された。具体的には、三鷹市三鷹ネットワーク大学や日本女子体育大学の協力の基、高齢者を対象とした Segway の試乗実験を行った。この調査結果を基に高齢者が Segway を利用する際の問題点の検討を行い、Segway の乗降時の不安を取り除く為の付加装置の設計とその開発を行った。

## 2. プロジェクトスケジュール

本プロジェクトにおける主な行事の記録を以下に示す。

2006 年 6 月中旬	日本側学生スタッフの募集開始
2006 年 7 月中旬	日本側学生スタッフの審査およびスタッフの決定
2006 年 7 月下旬	遠隔会議システムによる日仏間の事前打ち合わせ
2006 年 8 月下旬	三鷹市井の頭公園における試乗調査
2006 年 8 月下旬	三鷹市における高齢者対象の試乗調査
2006 年 9 月上旬	日本側スタッフのフランス訪問

2006年11月中旬	遠隔会議システムによる日仏間の打合せ
2007年1月下旬	セグウェイ付加装置の試作品試乗，再改良点の検討
2007年2月中旬	付加装置についての評価実験
2007年3月上旬	フランス側スタッフの日本訪問
2007年3月中旬	研究成果の報告会
2007年3月下旬	三鷹市三鷹ネットワーク大学での成果報告会

### 3. 学生スタッフの採用

本プロジェクトの実施に当たり，日本側学生スタッフについてはその公募を実施した。これは，日本側引率教員の所属する学部から学生スタッフを選出した場合，主に工学系分野を専門とする学生のみでスタッフが構成されてしまう可能性が高く，幅広い分野から学際的な学生スタッフを募る目的で，公募を行うことにしたものである。公募は，専用の告知用ホームページを設置し，法政大学のホームページから当該ページにリンクを張る事で，一般に告知した。（付録1に公募ページを示す。）

公募の結果，3グループ，8名からの応募があった。スタッフの採用審査については，書類による1次審査およびプレゼンテーションによる2次審査を行うことにしており，1次審査の結果3グループのすべてに2次審査のプレゼンテーション審査を実施する事になった。2次審査は7月18日に法政大学情報技術研究センターにおいて行った。（審査時の配布資料を付録2に示す。）

2次審査の結果，3グループ中の2グループ，計7名を日本側の学生スタッフとして採用する事にした。これは片方のグループが人文系を専門とする学生のみで構成されているのに対し，もう一方のグループが工学系のデザインを専門とする学生のみで構成されており，両グループの学生スタッフを統合する事で，公募の目的である学際的な学生スタッフ構成を実現できるものと判断した為である。以下に採用した学生スタッフの一覧を示す。（所属は2006年7月当時）

- 1) 湯浅 敬則（法政大学 大学院 政策科学研究科 政策科学専攻 修士課程2年）
- 2) 下川 理英（法政大学 大学院 人文科学研究科 英文学専攻 博士課程3年）

- 3) 中村 さつき (法政大学 大学院 法学研究科 法律学専攻 修士課程 2年)
- 4) 唐澤 克樹 (法政大学 大学院 政策科学研究科 政策科学専攻 修士課程 1年)
- 5) 肥田 美奈子 (法政大学 現代福祉学部 現代福祉学科 4年)
- 6) 松本 堅太郎 (法政大学工学部システムデザイン学科 3年)
- 7) 河井 大輔 (法政大学工学部システムデザイン学科 3年)

フランス側学生スタッフについては、ベルサイユ大学 Pierre Blagevic 教授に人選を一任し、その結果、以下の学生スタッフが採用された。

- 1) Rémi Monod
- 2) Olivier Hiesse
- 3) Guillaume Neveux
- 4) Olivier Mayeux
- 5) Didier Auchères
- 6) Kamel Baguari
- 7) Emmanuel Fiorese
- 8) Josselin Vitrat
- 9) Justin Mendy

## 4. 試乗実験

本研究を推進するに当たり、実際に Segway を購入し、各種の試乗実験を実施した。

### 4.1 井の頭公園における試乗実験

試乗実験の第一段階として、学生スタッフ自身による試乗実験を実施した。試乗場所には、三鷹市の協力により井の頭公園を利用し、舗装された整地のみでなく、砂利道を含んだ不整地や泥濘において Segway を走行させることで、Segway 自身の踏破性能などを評価することができた。実験の様子を Fig.1 に示す。

### 4.2 高齢者を対象とした試乗実験

前述の通り、本研究の目的は、高齢者が安心して Segway を利用できるよう、Segway



Fig.1 井の頭公園における試乗実験

に付加する装置の設計とその開発を行う事にある。そこで、実際に高齢者が Segway を利用する際の問題点を検証する目的で、高齢者の方々に対して実際に Segway に試乗していただく検証実験を行う事にした。検証実験の実施に当たっては、三鷹ネットワーク大学および日本女子体育大学の協力の基、三鷹市市民体育祭スポーツ大会の場をお借りする事で、これに参加した高齢者の方々を試乗していただく事にした。

実験の実施に当たっては、安全対策に対して最大限の配慮を払う事にし、ヘルメットや膝当てなどの安全防具を用意すると共に、日本女子体育大学の学生スタッフの協力のもと、転倒対策などを実施した。また、被験者については、Segway の試乗を自ら希望した高齢者に限る事で、実験におけるリスクを最小限に抑えるようにした。

実験データの取得については、実際の試乗の様子をビデオ撮影すると共に、事前・事後のアンケートを実施し、実験の結果を検証できるようにした。実験の様子を Fig.2 に、実施したアンケートの主な結果を Fig.3~5 に示す。

実験の結果、試乗前においては多くの方が Segway の操作が難しいものとイメージしていたのに対して、実際に試乗を行った結果としては、想像以上に簡単に操作できる事ができたと感じた方が多かった事が判明し、高齢者が Segway を利用する事は必ずしも非現実的な事ではない事が判った。その中で、操作の内容として、乗降時の不

安定さに操作の難しさを感じる方が多かった事も判明した。



Fig.2 高齢者に対する実験の様子

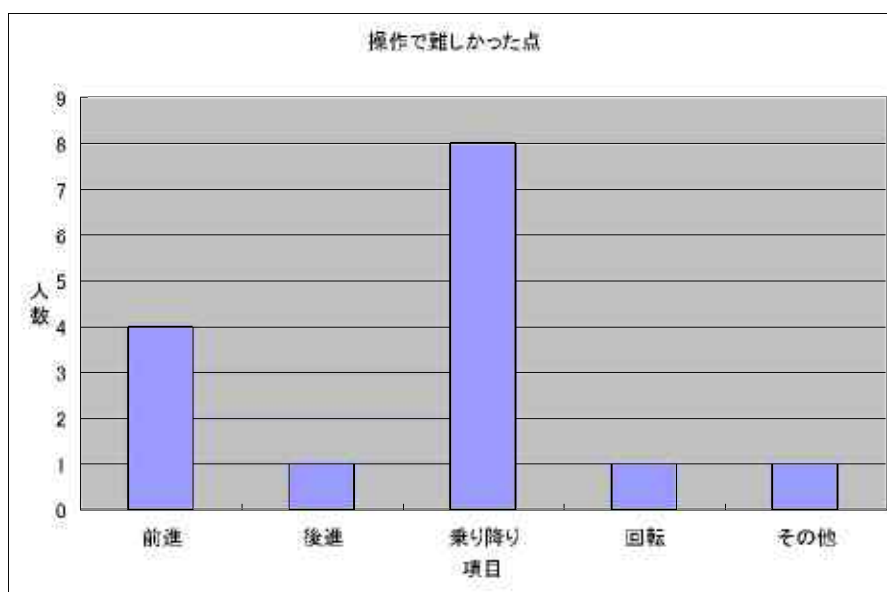


Fig.3 アンケート実施結果（1）

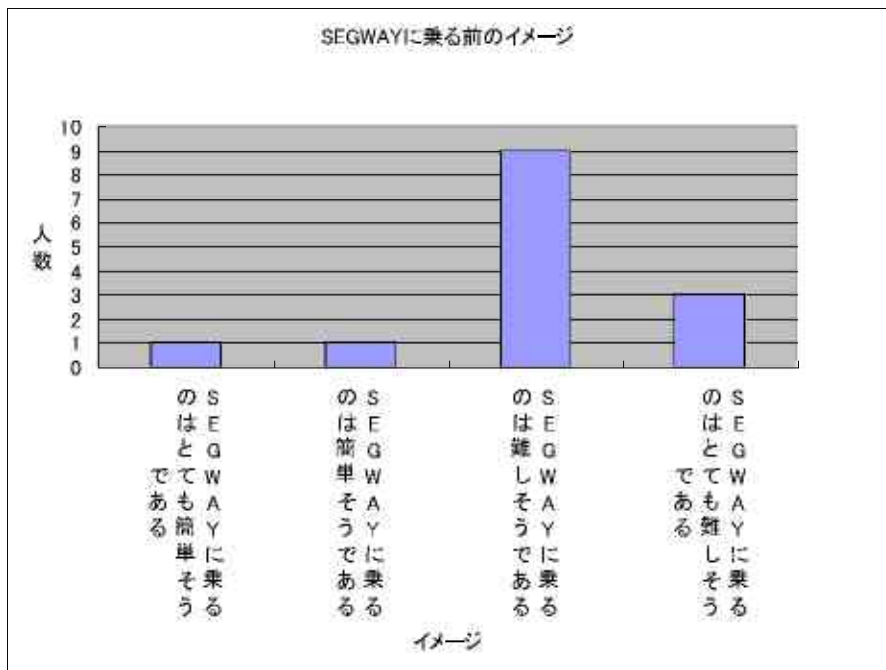


Fig.4 アンケート実施結果（2）

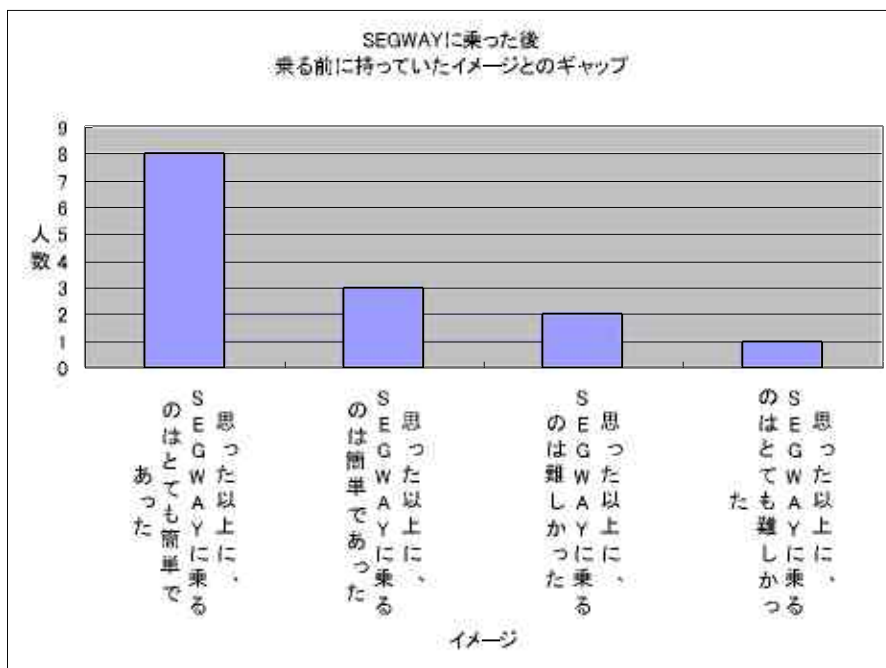


Fig.5 アンケート実施結果（3）

## 5. 改良点の検討と設計

以上の試乗実験の結果、高齢者の方々が安心して Segway を利用する為には、乗降時の不安定さを取り除く事が最優先事項と判断し、これを改良する為の付加装置の開発を行うことにした。

Segway は 2 輪車により不安定性を動的に電子制御する事で前進・後退を行うようになっている。したがって、乗降において不安定さが残るのは必然的な事である。この問題を解消するには、安定性を確保するためのスタンドを設置する事が有効である。Segway には簡易型のスタンドが備わっているが、これはパーキングを目的としたスタンドであり、Segway から降りた状態でスタンドを上げ下げする必要があるため、本研究の目的は果たせない。本研究の目的を満足するためには、Segway に乗った状態でスタンドを動作させる機構が必要である。

以上の観点から、Segway の乗降時の不安定さを解消するための電動スタンドを、Segway の付加装置として開発する事にした。開発する電動スタンドの設計条件は以下の通りである。

- 1) Segway に乗った状態で操作可能な事。(スタンドのセットおよびリリースが可能な事)
- 2) Segway 本体の制御系・電子回路に対して独立した機構・回路構成とする事。
- 3) スタンドをセットした状態において、十分な支持トルクがある事。また、この時の消費電力は可能な限り少ない事が望まれる。
- 4) スタンドに十分な荷重がかかっている場合でも、スタンドをリリースできる機構である事。

これらの条件の中で 2) の条件を設けたのは、Segway 本体の制御系の構成は一般に非公開である上に、非常に複雑である為、これに改良を加えるのは不可能であると判断した為である。また、Segway 本体で使用されているバッテリーは高電圧型であり、安全面も考慮した措置である。

以上の条件を満足させる機構として、Fig.6~8 に示す機構を設計・開発した。スタンドの基本機構としては、コアレス DC モータとウォームギアを組み合わせた機構



を採用している。ウォームギアを使用している最大の理由は、出力軸からの付加トルクによって入力軸に付加トルクがかかる事が無い為、スタンドの駆動時以外は電力消費無しでスタンドをロックする事が可能であり、上記の3)の条件を満たすためである。

また、十分な安定性を確保する為、2本のスタンドを用意し、これらが左右に回転・展開することで、スタンドをセットできるようにした。なお、これらのスタンドの根本部分は平歯車で連結されており、単一のモータで2つのスタンドを同期して駆動できるようにしている。

加えて、2つのスタンドの先端には、小型ホイールが取り付けられており、これらは受動的にフリーに回転できる構造になっている。この小型ホイールを取り付けたのは、条件の4)を満たすためである。スタンドの役割として、それらがセットされた状態では進行方向に対して十分な摩擦を確保する必要がある。これを満足できない場合には、先端がスリップしてしまい、スタンドとして意味をなさない事になる。しかし、摩擦が大きいという事実は、荷重をかけたままスタンドをリリースする際には大きな障害となる。したがって、Segwayの進行方向には十分な摩擦を確保し、スタンドのリリースの為に駆動する方向には、摩擦を低くする工夫が必要である。そこで、本機構では、スタンドをリリースする方向を、Segwayの進行方向と垂直な方向とし、この方向にホイールを適用する事で、上記の要求を満たしている。

なお、製作したスタンドはSegwayの前部にのみ取り付けられているが、十分な安定性を確保する為には、後部にも同様のスタンドを設置すべきである。設計当初のデザイン案では、単一のモータによって前部および後部のスタンドを駆動する機構を考案していたが、実際の機構では、物理的形狀の制約によって、これを実現することが極めて困難である事が分かり、今回の試作ではこれを断念した。

試作機の開発にあたっては、学生スタッフ側で基本デザインのコンセプト設計のみを行い、実際の機構の詳細な設計と製作については、各種機械の試作を専門とする会社(ダブル技研)に、これを依頼した。



Fig.6 試作した付加装置（全体図）



Fig.7 試作した付加装置（回路部およびスタンド部）



Fig.8 試作した付加装置（操作装置）

## 6. 試作機の評価

上記の試作機について、学生スタッフによる試乗を行い問題点等について検討した。その結果、第1次の試作機では、利用者が Segway に乗った状態でも、Segway 本体を持ち上げられる事を考慮して、非常に大きな減速器のギアボックスを採用した。この結果、スタンドには十分な駆動トルクが得られた反面で、その開閉には約30秒の時間を要し、操作性に問題があることが判明した。また、その操作装置も直感的に操作できない問題点があることが指摘された。そこで、これら2点についての再改良を依頼し、減速比を大幅に低くする事で動作速度を向上させると共に、操作装置についても改良を行った。

以上の結果、最終的な試作機の納入を受け、学生スタッフによる再評価を行った。その結果、乗降において安定性を向上させる事が可能となった。ただし、前述の通り、Segway の後部にはスタンドが取り付けられていないので、路面の状況によっては、Segway が後方に下がってしまう現象が見受けられた。この問題点および時間的な制約から、高齢者に対して試作機に試乗してもらう再実験については、十分な安全性を確保できず、これを断念した。

## 7. まとめ

本報告では、日仏共同研究プロジェクトとして「二輪型電動スクーターSegway の利用に関する研究」の一部として実施された研究、「Segway のユニバーサルデザイン化」について、その研究成果を報告した。

本研究では、ユニバーサルデザイン化の一環として、高齢者が Segway を利用できるように、乗降時の不安定さを改良する方法として、電動型のスタンドを開発した。その結果、部分的な問題点が残るものの、乗降時の不安を解消する事が望めるスタンドを開発する事ができた。

本プロジェクトでは、本報告に記載した電動スタンドの他にも、各種の付加装置を開発した。フランス側では、日本の事情（日本の公道では、Segway の利用が法的に禁止されている事）に鑑みて、ヘッドライト、ブレーキランプ、スピードメータなどの装備を開発した。

プロジェクトの遂行に当たっては、日本およびフランスの学生が文化交流を深められるよう、以下のような施策を実施した。

- 1) 遠隔会議システムを用いた二国間での意見交換
- 2) 二国間の相互訪問（2006年9月，2007年3月）
- 3) コミュニティーサイトを利用した意見交換・情報共有

この結果、言葉の壁などを乗り越え、双方の学生が積極的にコミュニケーションを図り、お互いの文化や環境への理解を深める事ができ、本プロジェクトの最大の目的を果たす事ができた。

付録 1.

学生スタッフ公募ページ

## Segwayを利用した国際共同研究プロジェクトの学生スタッフを募集します！

法政大学情報技術(IT)研究センターは、フランス・ヴェルサイユ大学と共同で電動二輪スクーター「Segway」の利用に関する研究を行います。研究は法政大学工学部システムデザイン学科の小林尚登教授が率いる日本側の研究プロジェクトチームと、ヴェルサイユ大学プラウズヴィック教授率いる研究プロジェクトチームとの共同で実施されます。主な研究の遂行は各国で実施していきますが、インターネット等を利用してお互いの研究に関する情報を交換し、国際交流を図っていきます。また、2006年度中に日本側・フランス側双方の研究チームをお互いに訪問し、研究に関するディスカッションなどを行います。

以上の研究プロジェクト実施に当たり、日本側研究プロジェクトに参加していただける学生スタッフを若干名募集いたします。本プロジェクトでは笹川日仏財団からの助成により、採用された学生スタッフには、9月に予定している訪仏にあたり、旅費・宿泊費の補助があります。研究テーマについては、工学分野に限定せず、参加していただく学生スタッフの専門性を活かしたものを決定していく予定です。そこで、本研究プロジェクトの募集に当たっては、応募者自身から研究のアイデアを募り、その内容等に基づいて審査を行なう事といたしました。

\*笹川日仏財団は、日本財団(日本船舶振興会)から拠出された30億円を基本財産として設立されたフランスの法律に基づく同国の公益法人で、様々な分野での交流をより活発に行うことにより、相互の知識を深め、友好関係を緊密にすること、及びこれらを通じて広く人類社会の発展、平和に寄与することを目的とした財団です。

### 参加資格・参加条件

- ・日本国内の大学・大学院に在籍する学生を募集します。
- ・採用人数は3～5名程度を予定しています。
- ・2006年9月初旬～中旬にかけて渡仏が可能なお方に限ります。
- ・渡仏に当たり、旅費・宿泊費として1人当たり15～20万円を補助します。
- ・2006年7月から2007年3月まで、定期的(月1～2回程度)に研究に関するミーティングに参加する必要があります。
- ・フランス側研究チームとの協議は英語によって行いますので、英語またはフランス語による会話能力が要求されます。
- ・研究遂行にあたって、必ずしも工学(電子工学、機械工学)に関する知識は必要はありません。ただし、何らかの専門知識を提供していただける事が望まれます。

### 研究分野

日本側プロジェクトチームにおいて実際にSegwayを1台購入し、これを利用した研究を行います。現在、想定している研究分野は以下の通りです。(ただし、これ以外の分野でも構いません。)

- ・Segwayを利用した社会実験(例:各種社会システムへのSegwayの利用、Segway利用に関する法整備など)
- ・Segwayの工学的応用(例:ナビゲーションを補助するシステムの開発など)

※日本の法律では、公道においてSegwayを利用することはできませんので、これを考慮した研究テーマになります。

### 主なスケジュール

2006年7月8日(土)	研究メンバー公募開始
2006年7月11日(火)	1次審査(書類による審査)の結果を通知
2006年7月18日(火)	2次審査(プレゼンテーションによる審査)・最終審査結果を通知
2006年7月下旬	研究プロジェクトスタート
2006年9月初旬	フランス・ヴェルサイユ大学訪問
2007年1月頃	ヴェルサイユ大学まで受け入れ予定

### 募集要項

#### 1次審査: 書類審査

- 1) 研究テーマの案を3～5ページ程度の文章(表・図も使用可)をPDFまたはMS-Wordファイルとして作成して下さい。
- 2) 研究テーマ案の文章に使用できる言語は日本語または英語です。
- 3) 書類の提出は電子メールにて受け付けます。提出の方法は以下に示す通りとなっております。
- 4) 審査の結果は7月11日(火)までに電子メールにて通知致します。

#### 応募方法:

応募書類を電子メールの添付ファイル(PDFまたはMS-Wordファイル)としてお送り下さい。送信先メールアドレスは以下の通りです。応募書類は先頭に応募エントリーシートへのページ、それに続けて研究テーマ案を記載したページが来るように構成して下さい。応募エントリーシートはこちらの[見本](#)を参考に、応募者自身が作成して下さい。なお、メールのタイトルは「**国際共同研究プロジェクト参加申込**」とし、本文に責任者の氏名、メールアドレスを記載して下さい。

inagaki@tokai.ac.jp ※このアドレスは画像として記載されております。お手数ですが、メール送信の際にはアドレスを転記して下さい。

#### 2次審査: プレゼンテーション審査

- 1) 1次審査に通過した方々のみ、2次審査を受ける事ができます。
- 2) 2次審査では、応募した研究テーマの詳細を説明するプレゼンテーションを行っていただきます。
- 3) プレゼンテーションで使用できる言語は英語に限ります。
- 4) プレゼンテーションに使用できるツールはパワーポイントまたはOHPとなります。
- 5) プレゼンテーションを実施する場所は法政大学市ヶ谷キャンパス周辺を予定しています。(詳細は1次審査通過者に通知いたします。)

※複数人数でメンバーを構成し、1つの研究テーマについて応募しても結構です。ただし、最大のメンバー数は5名とします。単独での応募も歓迎します。  
※実際の研究プロジェクトの実施内容は、研究プロジェクトがスタートしてから決定されます。必ずしも応募した研究テーマが採用されるとは限りません。

### お問い合わせ

プロジェクト統括 小林 尚登	法政大学工学部システムデザイン学科	h@k.hosei.ac.jp
幹事 早坂 克彦	東海大学情報理工学部コンピュータ応用工学科	inagaki@tokai.ac.jp
事務局 法政大学情報技術(IT)研究センター事務局		it@hosei.ac.jp

ご注意:上記のメールアドレスは画像として記載されております。お手数ですが、メール送信の際にはキーボード入力にてメールアドレスを入力して下さい。

## 付録 2.

### 学生スタッフ採用審査時配布資料

# 日仏国際共同研究プロジェクト

## 学生スタッフ募集 第2次審査会

日時：2006年7月18日（火）13：30～

場所：法政大学情報技術（IT）研究センター

---

### 審査番号：1 （資料ページ：pp.1～7）

#### 「Segway を利用した大学キャンパス案内システムの構築」

- 1) 松本 壱太郎（法政大学工学部システムデザイン学科3年）
- 2) 河井 大輔（法政大学工学部システムデザイン学科3年）

### 審査番号：2 （資料ページ：pp.8～10）

#### 「観光地における Segway を利用した環境配慮型移動システムの構築」

- 1) 湯浅 敦則（法政大学 大学院 政策科学研究科 政策科学専攻 修士課程2年）
- 2) 下川 理英（法政大学 大学院 人文科学研究科 英文学専攻 博士課程3年）
- 3) 中村 さつき（法政大学 大学院 法学研究科 法律学専攻 修士2年）
- 4) 唐澤 克樹（法政大学 大学院 政策科学研究科 政策科学専攻 修士1年）
- 5) 肥田 美奈子（法政大学 現代福祉学部 現代福祉学科 4年）

### 審査番号：3 （資料ページ：pp.11～14）

#### 「Segway 運転記憶を利用した周辺空間の計算モデルに関する研究」

- 1) 高田 勝裕（法政大学大学院情報科学研究科 情報科学専攻 博士後期課程 3年）



# Segway を利用した国際共同研究プロジェクト

## 目次

1. 概要
2. Segway と三鷹市の共同プロジェクトに向けて
3. 郵便局、警察などの公的機関との連携
4. 高齢者参加型実験
5. Segway の新しい機能の提案
6. その他の応用

## 1. 概要

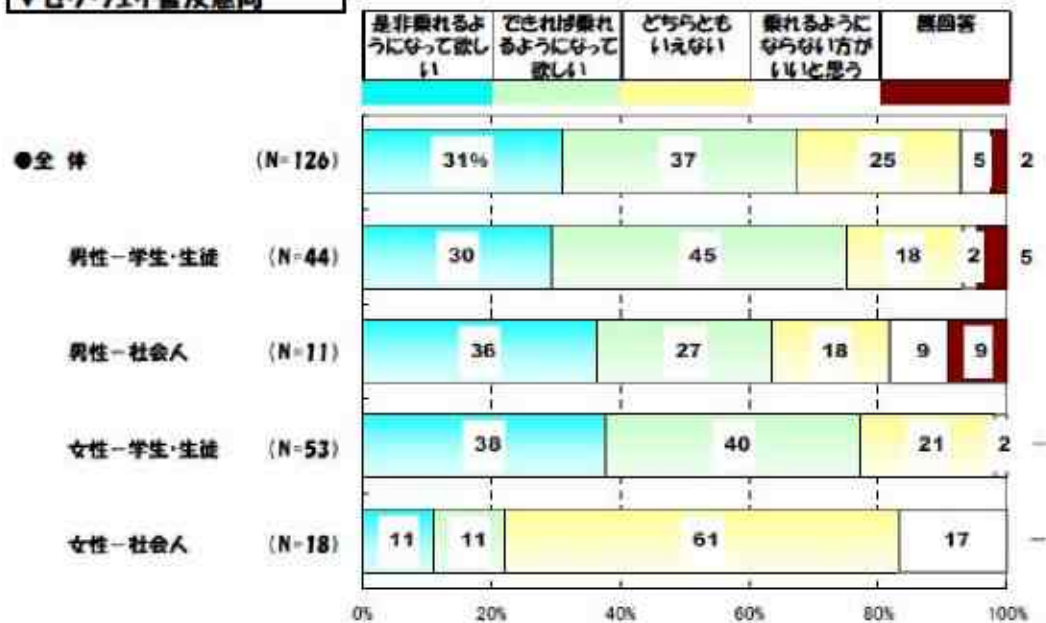
私達は大きく分けて、Segway の新しい使用環境や社会システム内での利用と、Segway の新しい工学的機能の提案の2つを提案します。システムデザイン学科の長所を生かした俯瞰的な視点でこのプロジェクトを考え、新しい実現可能性が高いアイデアを提案します。

## 2. Segway と三鷹市の共同プロジェクトに向けて

### —Segway 特区の設置

Segway の機構やデザインに変更をせず、Segway に新たな価値を追加したり、Segway を利用した新たな社会システムを提案する。また、浜松大学の Segway 研究所が行ったアンケートに因ると、Segway が公道で走れるようになって欲しいという意見が 31%であるが、反対に公道で走れるようにならない方がいいという意見が 25%もある。

#### ▼セグウェイ普及意向



浜松大学セグエイラボ調べ

また、道路交通法に因ると、Segway は原動付自転車に該当する。従って、公道で Segway を走らせようとする、運転免許が必要である他、前照灯、方向指示器、ナンバープレート等が必要となる為、これらを Segway に搭載するとなると、本来 Segway が持っている調査や機能を十分に発揮できなくなる恐れがある。

以上のことより、ここでは Segway の局所的な用途、三鷹市との共同プロジェクトにおける「Segway 特区」について提案する。

#### ■ 公園参加ツアー

井の頭公園、緑と水の回遊ルート、農業公園、散歩、スポーツ（高齢者の参加可能なもの）



### 3 . 郵便局、警察などの公的機関との連携

ここでは、警察や郵便局などの公的機関との連携について考察する。現在アメリカのカリフォルニア大学バークレー校交通研究所とカリフォルニア州運輸局が連携し、一般市民に Segway をレンタルするというシステムを試みている。また、シカゴでは、今まで警官が馬に乗ってパトロールしていたが、馬に代わって Segway が活躍している。このように、通勤や通学時に Segway を貸し出したり、イベントや私有地で貸し出しすることによって Segway への関心が高まり、地域活性化に繋がる。管理やメンテナンスによる雇用対策にもなる。

現在私達の殆どが所有している携帯電話。この携帯電話の機能の一部にはメールという機能がある。これは今まで手紙や封筒といったコミュニケーションの手段に取って代わる現代のツールである。今私達はこのメールが当然のように扱われ、情報が電子化している。しかし、まだ紙媒体でなければその機能を果たさないもの、意味がないものが多数あり、アナログでしか伝えられない思いもある。そこで、ポストを積んだ Segway が街を徘徊し、手紙を回収したり渡したりすることによって、視認性が高まり、手紙に対する関心が高まる。そして、今まで失われてきた手紙というものの温かさを取り戻すことができる。

### 駐禁取締りとの提携



### 郵便局との提携



ヨーロッパでは様々なキャンペーンが行われている



## 4. 高齢者参加型実験

現在三鷹市では、市民と共同で様々な実験を行っている。その一例として GPS のシステムを利用した高齢者の散歩をより楽しくさせるための実験があった。この際、被験者は自分の散歩した距離が把握でき、さらにその距離が東海道五三次ならば、どの辺りまで行っているかをパソコンが計算してくれ、被験者への楽しみを誘発した。

このように、三鷹市ならば、高齢者によりよい SEGWAY のあり方が市民の方々と共に実験できるのではないかという提案である。



現在アメリカでは、既存の Segway に座ることのできるパーツをつけた「Segseat」というものが開発されている。通常は直立して走行する為、長時間の走行や体の不自由な人にとっては身体的に辛いですが、Segway 上で座ることが快適に行われれば、それらの負担を大幅に軽減することができ、今まで杖や車椅子ですら行けなかった場所にも気軽に行けるようになるであろう。また、Segway の大きな特徴でもある、運転手へのフィードバックによって、高齢者や体が不自由な人でも直感的に操作が可能である。しかし、これを実現させるためには今以上に Segway の安全性が求められる。この Segseat の応用として、更に高い安全性を兼ね備えた Segway (乗り降りし易い、転倒の危険を無くす、万が一転倒した場合の救済方法、ヒューマンエラーを無くす) が必要である。

## 5 . Segwayの新しい機能の提案

付属のpdfファイル参照。

## 6 . その他の応用

- ・ 観光地でのSegwayガイド&タクシー
- ・ 空港内でのSegwayの利用
- ・ アミューズメントパーク内でのSegwayの利用
- ・ 農業機械や芝刈りとしてのSegway
- ・ 工場内でのSegwayによる資材の運搬
- ・ マラソンの誘導

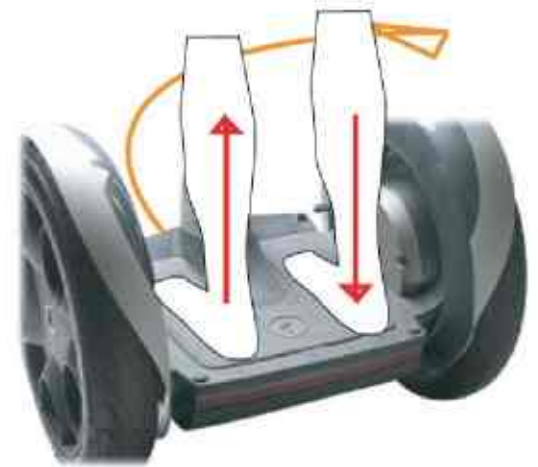
## Segwayの新しい機能についての提案



現在はハンドルを捻る事で左右に方向転換している。

Segwayの大きな特徴は、乗る人に対する高いフィードバックである。体重を前後に移動させることによって直感的に操作することが可能である。しかし、構造上2輪で走行する為か、左右の方向転換は左のハンドルを前後にねじることによってそれを可能にする。前進・後進の移動は体重移動だけでできるのに対して、右折・左折は体重移動によっては不可能ということである。そこで私は、右折・左折も体重移動によって可能にし、より直感的に、より自由に走行できる新しい機能について提案する。

Segwayの中央に設置されているボールを両手でつかむ事によって運転手はSegway上でバランスを保っている。前進・後進の為の前後の体重移動は必ずこのボールを摺りで行われる。この流れを変えることなく、右折・左折する際にもこのボールを必ず摺りで行うものとし、右折をしたい場合、右足に力を入れ左足を上げるような体重移動すると、右の車輪のギア比が変化し、右の車輪だけが左よりも回転数が少なくなり右に曲がることのできるような機能をつける。これは左に対しても同様である。ちょうどピエロが大きな玉の上に一枚の板を乗せ、それに乗っかっている様な感覚で行う。もし構造上ギア比の変更をする機械が搭載できなければ、曲がりたい方向の車輪にブレーキングを行って物理的に回転数を減らす方法も考えられる。



右折したい場合の足に対する体重のかけ方

以上のことにより、体重移動だけでSegwayは前進・後進・右折・左折ができるようになり、より自由に直感的に操作することが可能になる。これからもたらされるメリットは下記の通りである。

- ・上半身をSegwayに固定できれば、両手が空くので作物の収穫や掃除、パトロールや傘を持ちながらの走行、新しい車椅子バスケットなどのスポーツが可能になる。
- ・高齢者にも直感的で操作が簡単。両手が使えなくても今まで行けなかった場所へ行けるようになる。
- ・ハンドルのひねる方向を間違えて曲がる方向を間違える、などといったヒューマンエラーが起こらなくなる。



## 1. 研究への参加目的

私たちは法政大学の学生によるプロジェクトチームである。各人の専攻は異なるが、いずれも Segway の魅力や将来性について関心を抱いた者のプロジェクトチームである。私たちが Segway のプロジェクトに参加しようと思った切欠は、それぞれ異なった視点から Segway を見ることによって、1つの分野に固執しない学問の垣根を越えた新しい発想が生まれると考えたからである。こうした新しい発想による研究を行うことで、社会的ニーズに合致した Segway の活用方法を広く社会に認知させていきたい。

## 2. 研究概要

本研究では、Segway の環境的メリットと福祉的メリットを最大限に生かしつつ、ナビゲーション・システムなどの新システムを搭載し、Segway による自然公園等の観光地における有用性と新しい可能性について検証する。具体的には、Segway の排出ガスを出さないというメリット、誰もが気軽に乗車できるというメリットを生かし、自然公園等の環境保全が最重要となっているエリア内にて、障害の有無や年齢層に関係なく気軽に乗車して観光散策を楽しむことができる実用的なシステムを構築しようとするものである。

### (1) 研究の社会的背景

ここ数年、日本国内はもとより国際的に見て、環境保全とノーマライゼーションの考え方に注目が集まっている。環境保全については、世界各国で様々な取り組みがなされている。人々の移動手段でいえば、自動車やバイクの排出ガスは環境保全に悪影響を与えていることから、これらの排出量を低減させることが大きな課題となっている。しかし自然公園や歴史的遺跡のある観光地では、多くの人々が車やバイクを使って訪れるため、生態系の破壊や遺跡の劣化などの現象が起きている。世界的な観光地のアンコール・ワットでは、バイクの乗り入れによる観光が行われているため、その排出ガスによって遺跡が損傷しているという。したがって人々の足となる新たな手段を考え出すときがきている。他方、ノーマライゼーションの考え方とは、社会的に不利益な立場になりやすい障がい者や高齢者が社会のなかで本来あるべき姿で一般的な生活を営むことである。昨今はあらゆる年齢、性別、障害の有無にかかわらず、誰でも使いやすい製品すなわちユニバーサル・デザインの商品を開発することが求められている。

こうしたことから、人に優しく環境に優しい新しい移動手段の開発が求められているといえる。そして両側面のニーズをとらえているのが、まさに Segway なのである。

### (2) 研究の前提条件と観点

本研究を実施するにあたって Segway の前提条件や研究の視点を確認しておく必要がある。まず、研究の前提となるものについては、先述のような社会的な背景があることを念頭において考えなければならない。ただし研究を行うにあたっては、条件が生じる。Segway は現行の道路運送車両法上、原動機付き自転車と同一の分類と見なされるため、行動を走行することはできない。したがって、私有地内での研究を前提にしなければならない。また、本研究は国際的プロジェクトであることから、世界的に通用するような研究を目標とする必要がある。

これら前提条件をもとにして考えると、環境、工学、観光、福祉、経済、法律、文化などあらゆる視点から Segway を研究していけば、よりよい研究になるはずである。

### (3) 研究内容の方針

ここからは、本研究の内容と方針について、簡単なスケジュールを交えながら段階順に説明したい。

#### 【第1段階】

- ・特定の地域や公園や観光地など（以下、エリア）を選定する
- ・エリアを取り巻く利害関係者（行政、企業、NPO、市民など）の賛同を得て、必要に応じてエリアを借りる以外に技術協力や意見公募などの協力を求める
- ・Segway の簡単な乗車体験と基本的なシステムに関する知識の習得
- ・実際に触れてみての機能性や走行性に関する討論
- ・エリア内に1kmほどの単純なモデルコースを設けて Segway で走行してみる



**【第2段階】**

- ・Segway に GPS 付ナビゲーション・システムを搭載する準備を進める
- ・エリアの管理者等からの支援を受けながらナビゲーション・システムに樹木、噴水、施設などのガイドが流れるような仕組みを作る
- ・ナビゲーション・システムが設定場所に接近した際にガイドができるプログラムを組み込む
- ・モデルコースを1本から2本へ増やし、2本日はやや複雑なものにする
- ・2本日のモデルコースにも1本目と同様に目印となる施設等を設定しガイドができるようにする
- ・それぞれのコースで Segway を走行させる
  - ナビはルート案内ができるか、目印でガイドするか、迷った場合に目的地まで案内できるかを繰り返し調査する
- ・走行事件や Segway の弊を調べて安全性を確かめる

**【第3段階】**

- ・プロジェクトチーム以外の人たちにも試乗してもらう
- ・特に障がい者や高齢者に乗ってもらうための施策を考える
- ・医学的な考察が必要となるため医師の協力を得る
- ・医師の判断がもらえれば障がい者や高齢者の方に試乗してもらう
- ・試乗実験が終わったところで被験者の感想を聞く
  - アンケート調査やヒアリング調査から、利便性、安全性、自転車との比較、ナビの感想、メリット、デメリットを分析する
- ・プロジェクトに携わった関係者からの意見収集
  - 例えば、行政の協力を得た場合には被験者の意見を基にした実用化などを検討
- ・研究内容の全てを総括

**【段階における確認事項】**

- ・あくまで日本側としての研究
- ・エリア提供者などの意見も十分尊重する
- ・進捗状況やフランス側などからの提案によって柔軟に対応していく

これら一連の段階を踏んでいくことで、Segway の有用性や新しい可能性を発見することができるはずだ。当然ながら失敗をすることも想定しなければならない。しかし、そこから新しい方向性を見いだせる可能性もあることを留意しておく必要がある。

**3. 必要なインフラと協力者**

本研究にあたって、必要なインフラと出来る限りの協力を求めたい方や機関をあげてみた。なお、研究の進捗状況によっては、さらに増える可能性もある。また、消耗品や直接関係のないものは省いてある。

**(1) Segway に関連して必要なインフラ**

- ・Segway 本体
- ・既存のカー・ナビゲーション・システムもしくは携帯電話のナビゲーション・システムの技術
  - ※高齢者向けに、音声の品質や量、画面サイズ（文字サイズ）、使いやすさにおける改良が必要

**(2) エリアに関連して必要なインフラ**

- ・公園、観光施設、サイクリングロードなど
  - ※法令の範囲内で他者に迷惑がかからない場所
- ・ベンチや休憩施設
  - ※エリア内にて被験者が疲れた場合に休憩が取れる施設は必要

**(3) 協力を求めたい機関（各機関との連携）****①研究エリア内**

- ・警察署：非常事態に備えることや場所を利用することを予め伝達しておく必要がある
- ・市区町村：場所の提供や観光情報の提供などをお願いしたい
- ・企業：エリアに設定した市区町村の地元企業には必要があれば技術提供をお願いしたい
- ・市民やNPO など：第3段階での被験者をエリアに設定された地域に在住する住民から募集したい  
また、その他に研究のアドバイスがあれば提案をお願いしたい

## ②その他

- ・携帯電話機やカー・ナビゲーション・システムの開発会社
- ・コンテンツ開発の会社
- ・携帯電話通信会社

→ナビゲーション・システムの開発について、関連機器を開発している企業にお願いをしたい

**4. 将来的有用性**

Segway の実用性についての先行研究は、そう多くはない。本研究によって、私たちが新しい未来を切り開くつもりで挑戦すれば、Segway の実用性や新たな可能性を見出すことができるはずである。

Segway に障がい者や高齢者が乗申することができるようになれば、彼らにとってこれまでになかった新しい世界が見えてくるに違いない。また、障がい者や高齢者が気軽に外出できるようになれば、介護予防の効果も期待できるし、人々の間にはノーマライゼーションの考え方が浸透するであろう。これによって、Segway が活躍する舞台も増え、製品そのものの原価が低減して入手しやすい価格になるほか、開発に弾みがかかって機能が大きく向上する。日本をはじめ世界各国では、Segway が公道を走行するためのインフラ整備や法改正も行われて更なる普及が予測される。そうなれば市場競争が激しくなるわけだが、本研究で生まれた技術を、国際的な産学官民連携チームが国際ライセンスを取得しておけば、将来的には技術供与によるライセンス・ビジネスを展開できる可能性もある。

以上

# Segway 運転記憶を利用した 周辺空間の計算モデルに関する研究

高田勝裕（法政大学大学院情報科学研究科）

takata@malab.k.hosei.ac.jp / i04t9002@k.hosei.ac.jp

**あらまし** ユビキタスコンピューティング環境におけるパーソナル情報環境では、各個々の行動空間が異なることにより、空間情報をサーバなどから中央集権的に配信されるモデルではなく、各個人レベルで周辺の情報環境を会得するモデルとなる。しかしこの場合、人工知能の研究分野で言う「フレーム問題」[2]と同じ問題に衝突する。本研究では、エピソード記憶と呼ばれる日常行動における経験記憶を模した記憶型をした記憶データを利用し、運転者の運転記憶をデータベース化することにより、周辺空間を計算するモデル構築を目的とする。各記憶は過去の類似する地点や出来事と参照情報を保有し、知的サービスが記憶情報を利用する際には、記憶情報に含まれる参照情報を取るグラフ構造から生成した隣接行列を用い、関連記憶のランキングを計算する。本レポートの最後にその計算機構の具体案を例示し、実装の可能性を示す。

キーワード：空間認知、エピソード記憶、隣接行列、ユビキタスコンピューティング、知的情報環境

## 1. イントロダクション

電子タグ、位置情報システム、無線センサネットワークなどの普及は、コンピュータやネットワークが空間に遍在し、生活を豊かにするユビキタスコンピューティング環境の実現を加速させている。ユビキタスコンピューティング環境におけるヒトとヒト、ヒトとモノ、モノとモノとのコミュニケーションやコラボレーションを実現することにより、環境やユーザの状況などを考慮した、その場、その時に適したサービスが提供できる。こうした環境を知的情報環境[1]と呼ぶ。知的情報環境を実現するためには、センサや計算能力を持ち、サービス提供を行うデバイス技術、これらのデバイス同士を接続するネットワーク技術、またデバイスの置かれた状況やセンサで取得したユーザの状況を解析、抽象化し、これらに適応的なアプリケーション構築を支援する情報基盤が必要となる。現在我が国ではヒトとクルマとのコミュニケーションである Intelligent Transport System (ITS) とテレマティクスが、自動車と情報技術を融合することで新たな車社会を目指し研究が進められている。この流れは Segway のようなパーソナルな輸送機器が一般化する社会環境に於いても同様にコミュニケーションが図られサービスが提供されるであろう。

パーソナルな運転環境でのサービス享受のためには、行動空間が各個人によって異なる為に、人物それぞれの周辺行動空間を取得・データベース化を行い基盤となる空間情報の構築する技術が必要となる。しかし、このような自己主体が周辺環境の認知を行う場合に人工知能分野においてフレーム問題[2]という既知の問題が存在する。そのため、本研究ではヒトの記憶、特に運転記憶を利用して周辺空間を構築することを提案する。私は今回、個人の生活歴、その中でも運転中に生じた出来事の記憶を用いれば、普段の行動空間や環境の記号化を行うことが可能であるという仮説を立てた。これら運転記憶から生成された空間情報は Segway などのパーソナル輸送機器を利用する際に限らず、日常環境において享受するサービスの知的情報基盤になりえると考えた。

本研究での記憶データは、陳述記憶と呼ばれる記憶に属し、エピソード記憶と呼ばれる日常行動における経験記憶の形を持つ。これら記憶の記号化のためのシステムは、GPS などセンサから得られる位置

情報と、位置周辺の実空間オブジェクトを計算する計算サーバ、そしてその時点の運転者の状態を記憶フォーマットとして合成しデータ化する。記憶は過去の類似する地点や出来事の参照という参照情報を保有する。知的サービスが記憶情報を利用する際には、記憶情報に含まれる参照情報を取るグラフ構造から生成した隣接行列を用い、関連記憶のランキングを計算する。それにより、知的サービスは重要な出来事が可解となる。本レポートではその計算システムの一部を例示し、実装可能であることを示す。

## 2. 現在の知的情報環境

まず、近年我が国で研究されているヒトとクルマのコミュニケーションシステムを簡単に説明する。次世代の自動車技術として注目されているものに Intelligent Transport Systems (ITS) とテレマティクスがある。ITS とは、国土交通省が中心となって普及を進めているシステムで、「最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システム」である。現時点でサービスを行っている代表的なものとしては、高速道路の自動料金支払いをおこなう ETC システム、また道路工事や規制、渋滞などの情報を配信する VICS システムが日本で存在している。一方テレマティクスとは、Telecommunication (通信) と Informatics (情報科学) の造語であり、自動車をネットワークに接続しコンテンツを提供するシステムのことである。テレマティクスは、自動車メーカーやカーナビゲーションメーカーがおこなっているサービスで、我が国で現在は駐車場検索や渋滞情報などの空間情報を FM 多重放送や公衆網を利用して提供している。

## 3. フレーム問題

ユビキタスコンピューティング環境におけるパーソナル情報環境においては、各個人の行動空間が異なることにより、空間情報をサーバなどから中央集権的に配信されるモデルではなく、各ヒトレベルで周辺の環境情報を会得するモデルとなる。しかしこの場合もにおいて人工知能の研究分野で言う「フレーム問題」[2]と同じ問題に衝突する。有限の情報処理能力しかない人工知能には、与えられた世界の全てを処理する事は出来ない。予め情報処理の対象とすべき枠を与えるようなチェスやエキスパートシステムは計算可能であるが、実空間の様に無限情報を包含する情報空間に於いては情報量が無限大であるため計算不能である。よって原理的にはコンピュータはフレーム問題に突き当たり思考停止になる。

フレーム問題の困難さを哲学者のデネットは次のような逸話を創作した。あるロボットが時限爆弾を仕掛けられている部屋から、バッテリーを取り出すように指令を受けた。部屋に入ったロボットはバッテリーを見事持ち出したが、バッテリーの上に爆弾が乗っている事に気が付かず、部屋の外で爆発に巻き込まれた。この反省から作成された次のロボットは「自分の意図したことにもなって環境に起こる、副次的な結果を認識する機能」をプログラムされた。2号機は、バッテリーの前まで行って、推論を始めた。「バッテリーを動かしても部屋の色は変わらない」「バッテリーを取り出すとき、音がする」「バッテリーの重さは……」無関係な推論をしているうちに時限爆弾が爆発した。そして3号機ではさらに、「目的としている行為に関係している結果と、無関係な結果の区別を教えて、関係のないことは無視する機能」を付け加えた。しかし最新鋭の3号機は全く動かなかった。3号機は関係の無いことを見つけ、それに関係する無数の無視する為の計算を行い、3号機が動き出す前に時限爆弾は爆発した。

チェスゲームのように推論範囲が版上に限定されるモデルで計算可能であるものが、人工知能が一步実験室を飛び出すと、全く動けなくなってしまうのである。

## 4. 周辺空間理解

フレーム問題など既知な問題を回避するため、本研究では運転者自身の Segway 運転記憶から生成したデータベースとその情報から周辺空間を可解とする計算モデルを提案する。

最初に記憶の過程の課程を簡単であるが説明しておく。記憶には記録（入力情報の符号化）、保持（貯蔵）、再生（想記）の段階がある。貯蔵形態の相違から短期記憶と長期記憶に分けられる。短期記憶は情報を保持する時間が短く容量が小さいのに対し、長期記憶は永続するもので容量は大きい。次に長期に貯蔵される記憶には陳述記憶と手続き記憶がある。陳述記憶は学習によって獲得される事実やデータに関するもので意識的に思い出すことの出来る記憶であり、さらにエピソード記憶と意味記憶に分けられる。エピソード記憶とは個人の生活歴で過去に生じた出来事の記憶を言い、意味記憶とは世間一般の知識に関するもの、すなわち学職、通念、語彙などである。手続き記憶は学習された技能（スキル）の記憶で、原始的な記憶の類と考えられる。

本研究では、このエピソード記憶の概念を用い、運転者の行動記録を記憶データとしてデータベース化する。記憶データは、陳述記憶と呼ばれる記憶に属し、エピソード記憶と呼ばれる日常行動における経験記憶の形を持つ。本研究では、記憶の記号化のために、GPS や加速度センサから得られる計測情報と位置情報、そして時刻を利用し、下記のフォーマットで表される記憶データを利用する。表1は安全を目的とした危険回避時の記憶データの例である。イタリック体である具体例は危険回避時に与えられるプリセットを意味する。

項目名	内容	具体例
Who	誰が	自分/相手
What	何を	周辺コンテキスト (実空間オブジェクトに付随するメタデータ)
When	いつ	時刻
Where	どこで	位置座標
Why	なぜ	<i>危険回避</i>
How	どうやって	<i>危険回避のための停車</i>

表1. 記憶データの具体例

### 5. 提案システム

位置周辺の実空間オブジェクトを計算するために、本研究では空間計算サーバを設置する。サーバは運転者の運転を記憶とし、センサなどから与えられる計測情報とあわせデータベース化する。また記憶は過去の類似する地点や出来事の参照という参照情報を保有する。私は下記にあげるようなシステムで処理を行う。なお、コンテキストとは実空間に存在するオブジェクトが持つメタデータを意味する。図1は私の過去の研究[3]において、同様の計算を行ったシステムより転載した。

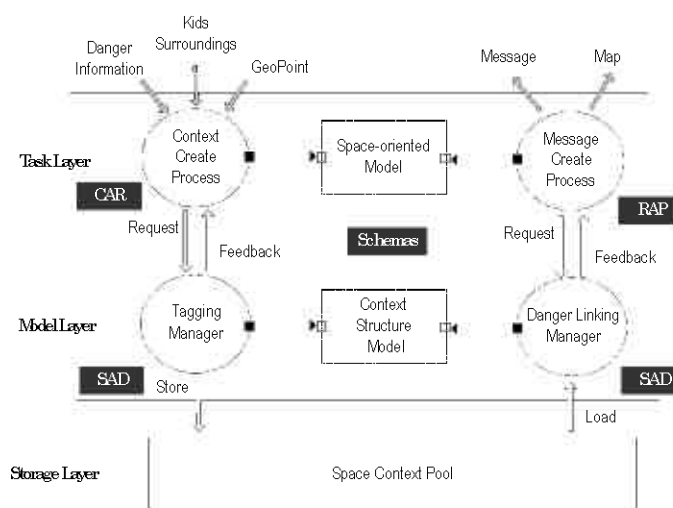


図1. 提案する空間情報処理システムの具体例

また、知的サービスが周辺記憶を理解する際には、記憶情報に含まれる参照情報を取るグラフ構造から生成した部分行列式を用い、関連記憶のランキングを計算する。実際に WWW 上で用いられている手法で具体例を挙げると、Google の PageRank 技術では、ページ間のリンク関係を表す隣接行列を転置し、リンク数で割ることによって推移確率行列  $M$  を得る。PageRank の計算は、この推移確率行列  $M$  の最大固有値に属する固有ベクトルを求めることであり、絶対値最大の固有値  $\lambda$  は  $\lambda=1$  である。つまり  $Mx=x$  を解けばよい。本研究での提案する計算手法も WWW と同様の概念をもつグラフ構造を持つために、同様の計算手法が利用可能と期待するところである。

#### 参考文献

1. Mark Weiser, "The Computer for the Twenty-First Century", Scientific American, pp. 94-10, September 1991
2. McCarthy, D. and Hayes, P. J., Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence, Machine Intelligence, 4, (1969), 463-502. (邦訳: 三浦, 人工知能の観点から見た哲学的諸問題, 人工知能になぜ哲学が必要か? フレーム問題の発端と展開, (1990), 哲学書房, 9-174.)
3. Katsuhiko Takata, Jianhua Ma and Bernady O. Apduhan, "A Dangerous Location Aware System for Assisting Kids Safety Care", in IEEE CS Proc. of the 20th International Conference on Advanced Information Network and Applications (AINA'06), Vienna, April 2006.

付録 3.

成果報告時資料

# セグウェイの ユニバーサルデザイン化

法政大学  
〈ベルサイユ大学〉

# SEGWAYとは何か？

人間移動装置

## 新しく楽しい乗り物



“The ability of the IBOT™ to handle all kinds of terrain and conditions has been a real gift to our family.”  
— Dale, Mother of IBOT™ Owner



“The ability of the IBOT™ to handle all kinds of terrain and conditions has been a real gift to our family.”  
— Dale, Mother of IBOT™ Owner

IBOT  
Dean Kamen 1998  
J&J  
FDA 2003



## SEGWAY



Segway Inc. — Bedford, New Hampshire を拠点とする新興企業で、発明家 Dean Kamen により設立された





### デザイン

- ユニバーサルデザイン → 皆が使える
- グッドデザイン → 皆が好き

### プロジェクトの目的

- Project Based Student Collaboration Program (PBL) を通して日仏の学生が相互に相手を理解する。
- SEGWAYのユニバーサルデザイン化に対する 最初の 小さな 一歩

### プロジェクトの期間



- 準備期 2001年-
- 第1期 2006年9月 - 2007年3月
- 第2期以降 未定

第一期は、笹川日仏財団、法政大学、ベルサイユ大学、モンツ市(フランス) および三鷹市から支援を頂いた。

### 第一期のトライアル(日)

---NO.1---

- 乗降時の保持機構の付加(駐輪機構ともなる)

理由  + 

高齢者の試乗実験の差異、乗降時に支援する必要があることが分かった。

### 高齢者試乗実験

年齢分布

性別別

Person's Data of 12 Elderly People Rided The SEGWAY

性別	人数
Men	7
Women	5
合計	12

試乗回数

項目	回数
1人1回試乗	12
試乗回数	12
合計	12




## 第一期のトライアル(仏)

---NO.2---

- 合法化のための電子部品付加
  - ブレーキランプ
  - ヘッドライト
  - 速度計

### 理由

道路交通法上、公道を走る乗り物としては、上記の機能が必須である。

## 開発上の制約

- SEGWAYを改造しない。
  - SEGWAYの電子回路に手を加えない。信号を取り出したり、新しい信号を制御回路に加えない。
  - SEGWAY本体に手を加えない。
- 外部に後から取り付けるオプション部品という形で、機能部品を付け加える。

### 結果1:

乗降時支援機能(日本) 三鷹市財政支援(予定)

- SEGWAYの前部に設置
- 100Wモータで駆動
- 乗降時、駐輪時に自立保持



### 機構的な特色

#### ウォームギア

- 電気系統が止まっても保持される。(フェイルセーフ)

#### 脚の先端に設置された小車輪

- 前後方向には十分な摩擦力
- 開閉時の滑らかな動作を実現



### 結果2:

電機部品(フランス) 保全部品

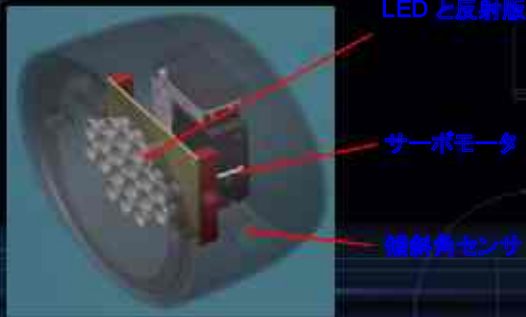


## ヘッドライト

### 技術的な特徴:

- SEGWAYの傾きに連動して、ヘッドライトの水平性を保持
- 点灯スイッチ
- 高輝度、低消費電力

## ヘッドライトの構造



## ヘッドライトの基本要素



## ブレーキランプ

- SEGWAYはブレーキレバーがない。従って、運行状況からブレーキ状態を感知してブレーキランプを点灯させる機能が必要である。
  - SEGWAYの運行加速度を計測
  - 減速時にランプを点灯させる機能



## 速度計

- 速度計は速度と傾斜角計測
- 傾斜角はヘッドライト用の傾斜角センサのデータを利用
- 速度計は加速度



## 速度計の考案

タイヤの内部に反射板を埋め込み赤外線LEDの反射回数を調べることで速度を推定



## まとめ

- 第一期の成果は、ほぼ満足のいくものである。この成果に対する検証が、次のステップである。
  - 技術的な検証
  - 社会的な検証
  - 研究の方向に対する検証