

コネクテッドされた公共空間での移動ルールに 対する合意形成とエンベロップ理論の意義

屋井 鉄雄¹・Zou Lubing²

¹正会員 東京工業大学 環境・社会理工学院 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

E-mail: tyai@enveng.titech.ac.jp

²非会員 東京工業大学 環境・社会理工学院 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

E-mail: zou.l.aa@m.titech.ac.jp

本稿では公共空間の利用原則について、今後の技術開発を想定しつつ、社会的合意形成の問題として検討しておく必要性が少なくないと考え、歩行者が混在する未来の公共空間に自動運転の移動体、配送ロボット、電動車いす、マイクロモビリティ等が混在する未来を対象に考察を加えたものである。移動原則を検討するため、物理的・心理的、自分側・相手側の計4つに分類可能なエンベロップ理論を新たに提案し、このうち心理的に相手をエンベロップするOMEが、今後の技術開発で実装可能になると想定されることから、様々な主体間で優先関係を想定した思考実験、シミュレーション分析を試みている。そして、今後のデジタル技術の活用により相手を制御するエンベロップ実現による効果と影響を簡単に分析し、安全性と自律性に関わる社会的合意形成の対象として、どのように整理可能かを考察した。

Key Words : full envelope space, object mental envelope, public space, future technology, IoT

1. なぜ、合意形成問題か？

多種多様な移動体が通行すると想定される未来の公共空間、特に歩行者空間を考える。空間としては、たとえば広い幅員の歩道、歩車混在道路、プロムナード、広場空間などがあげられる。これらの空間で人間は歩行者として、どのように存在するのだろうか。遠い未来は不透明で分からないと考えがちだが、事実の積み重ねが新たな規範として受容されることはよくある。ありがたい未来を構想して、そこに向かうことは重要と考えられるが、問題はありがたい未来に個人差があり、どこに向けて革新技術を生み出し続けるのかにも不透明さが残る点である。

さて、最近の巷の話題を2つ紹介しておこう。1つは自動車メーカーの歩行者安全技術の開発である¹⁾。自動車が接近を歩行者のスマホに「自動車注意」というメッセージで伝えるシステム開発がある。歩きスマホや乱横断が問題の背景にあり有意味と思われるが、直観的に捉えれば、歩行者側の行動を制約することに繋がるように思われる。自動車側に「歩行者注意」をより効果的にアピールする発想も必要だろう。以前あった歩道上の「自転車注意」の表示に似ている。なぜ、歩行者は歩行空間で自転車や自動車への注意を常に促されるのだろうか？

もう1つの事例は、時計のCMである²⁾。運動不足を常

時伝えるリストバンドが普及していることもあり、その延長線上にある発想とは思われる。タクシーに乗ろうとしても、時計に物理的に引っ張られて歩くことを選択させられるというCMである。人間がどこまでリコメンデーション通りに行動するようになるのか、近未来の社会の可能性を映している点で興味深い。これは日本仕様のCMであり、人間の自律性が昨今盛に論じられる国や地域では、恐らく放映できないだろう。

以上、2つの例を挙げてみたが、新たなモビリティが様々な考案され、サブスクとして大きく展開する可能性に大きな投資が集まり、またそれを新たな産業として早期に育成したい国家の政策方針があることから、今後の公共空間は、新技術の実験場としてさらに活用が期待される。その際、歩行者や自転車という最も身近な移動手段との共存を考える必要があり、アドホックでなし崩し的な導入では、将来何らかの問題に繋がる懸念もある。新たな社会規範が必要になりそうなら、そのことを早めに検討しておくことが重要であろう。

実際、経済産業省(2021)では、「デジタル技術によって、個人の意思決定を介さず幸福が実現されるという状況がこれまで以上に現出する可能性は否定できない」とことや、「Society5.0における「自由」には、自己の価値観に基づいて、どのような技術的影響力の下で幸福を追

求するかを主体的に選択できる状態という意味が含まれるべきと考えられる」といった記述³⁾があり、既に政府機関のレベルでも、この種の議論の幅が大きく広がっていると感じる。

本稿はそのような議論を今後進める上で、どのような理論が必要になり、またどのような合意形成が求められるのかについて、公共空間の利用のありかたに着目して、幾つかの論点を提示することを目的に記述したものである。最初に言及しておく、筆者らは歩行者が混在する空間であれば、未来社会においても歩行者が物理的、心理的に優先されるべきと考えている。

2. 未来の歩行空間の利用状態の予想

本稿で議論を進めるために、まずありたい未来の姿を考える対象として、歩行空間を例に検討したい。年次は不明だが、1つの姿として歩行者を含むすべての移動体が相互にコネクテッドされた公共空間を想定できる。その空間では、安全が確保され移動体同士の交錯時の衝突は起こらず、結果として安全な通行ができる。これは自動運転社会として通常考えられる姿である。

コネクテッドカーが走り回る未来の高速道路との違いは、歩行空間には生身の歩行者が残り、幼い子供や高齢者などの優先権は引き続き高くあるべきと考えられる点である。そのような状況を想定して、公共空間利用に関する新たな社会契約が必要ではないか、との議論がフランス辺りでは生まれているようだが、議論のための理論化がわが国では不足しているように感じる。

さて、ここでは移動体がコネクテッドされた未来の歩行空間を幾つかに分けて考えてみたい。そのための材料として、エンベロープという概念を紹介する。エンベロープ^{4) 5)}とは、元来マシンや移動体が滞りなく動作可能であるために設けた境界線を意味し、工場の安全ラインや道路のガードレールなどが人間に対する物理的エンベロープである。Floridaはそれを情報空間において、システムが上手く機能するように人々が無意識に適合していく状況を説明するために用いている⁶⁾。なお、コネクテッドされたマシンしか存在しない空間であればエンベロープという概念が必ずしも必要とされないだろう。

さて、このようなエンベロープという概念を応用して考えることで、未来の歩行空間で多種多様な移動主体が歩行者と共存する移動環境を以下の幾つかの状態空間として表現することが可能と考える。

(1) 完全にエンベロープが導入された空間 (FES: Full Envelope Space) :

空間内では歩行者を含むすべての移動体がエンベロープの対象になり、空間をコントロールするシステ

ムのルールに基づき、オーダー（あるいはリコメン

(2) 限定的にエンベロープが導入された空間 (LES: Limited Envelope Space) :

空間内にエンベロープの対象に含まれない要素（人間などの移動体、移動時の挙動・行動）があり、空間をコントロールするシステムのルールがあつたとしても、そのオーダー等の及ばない移動が発生する空間であり、個々のエンベロープを実現するには後述する自己エンベロープ条件が必要になる空間

(3) 個別にエンベロープされない移動体（歩行者等）とそれ以外の移動体とが空間的に束になって分離されている空間 (BES Bundled Envelope Space) :

歩行者等を個別にエンベロープの対象にはせず、空間を大きく分割することで、制御可能なマシン（おそらく人間が乗車するもの含む）の専用の空間を有する状態であり、歩行者等全体あるいはマシン全体が一括でエンベロープされている状態空間

(4) 現状と変わらない混在空間 (NES: Non-envelope space, Present space) :

現状のように、様々な移動主体が混在していて、一定のルールがあるものの、それらが必ずしも守られていない状態空間

2. 未来の歩行空間の多少具体的なイメージ

(1) FESのイメージ

さて、2. (1) のFESではどのような移動が行われているだろうか。たとえば、シェアリングの電動スクーターは現時点でも既にジオフェンシングで歩道に上ると警告を出すことや速度を落とさせること、あるいは停止させることなどが実装できている。同様な技術をシェアバイクに適用することも今後は難しくはないだろう。もちろん、将来的にはコネクテッドされたSelf-driving carのように管理することも不可能ではないだろう。

それではFESの状況下で歩行者の移動がどのように達成されるかを少々想定してみる。1つの極端な例を挙げるとすれば、歩行者が何らかの装置を身につけることで、歩行挙動の変更を余儀なくされる姿であろう。振動を与える程度の不快感は今でも与えることが可能だ。あるいは別のアイデアとして、信頼できるリコメンデーションであれば、その通りに挙動（移動）することを積極的に受け入れる歩行者が多数を占めることでFESが達成され

るかもしれない。

なお、FESの状況下で歩行者の主体性や自律性がどのように保たれるのか、直ちに自律性低下に繋がるかなどは不透明ではあるが、興味深い研究課題である。

(2) LESのイメージ

また、2. (2) のLESにおいては、様々な状態が想定できる。まず「エンベロープの対象に含まれない移動体」については、一般の歩行者に加え、自転車、個人保有の電動スクーターなど人間が操作する移動体を挙げることができる。

特に自転車はルール通りに通行しない実態があり、歩行者はスマホ等でリコメンドされても従わない自由が残ると考えるのがLESの状態とすることができ、もし歩行者すべてがリコメンド通りに挙動するならFESが成立しているということになる。

また、LESにおけるエンベロープされない要素のうち、移動時の挙動・行動とは、たとえば、移動途上にある店舗や休憩施設等の諸施設に立ち寄るか否かを個人が決められているという条件であり、当然のことと考えられる。ただ、誰もが魅力的なリアルタイムの個別リコメンドに従って店舗などを選ぶとなれば、それは結果的にはシステムが決めていると言える。この点はまだ議論を要するが、FESの状態をより厳格に記述しようとすれば公共空間上のアクティビティすらエンベロープの対象と考えることになるだろう。ここでは簡単のため、エンベロープの対象とならない要素は、人間などの「移動体」のみに限定して考察することにする。

(3) LESにおける自己エンベロープ条件

以上に示したようにエンベロープされない歩行者などの移動体の存在によって、LESでは公共空間利用上の安全の確保が大きな課題になるであろう。その時に、以下の幾つかの対応が考えられる。

- ① その状態をそのまま受け入れる、
- ② FESに向かう規制やルールを強化してエンベロープできない移動体を排除する（これは後述するBESに関係する）、
- ③ エンベロープできない移動体の存在に対して、自主的エンベロープ条件（SEC: Self-enveloped condition）を導入して、共存をはかる。

ここで、自主的エンベロープ条件とは、空間利用の安全と秩序を保つために、他者に対して自身が自主的にエンベロープされる条件であり、①歩行者などエンベロープできない移動体に対して、マシン等がアルゴリズムによってエンベロープされること、②歩行者などが特別な装

置によって強制的にエンベロープされること、③歩行者などがリコメンドに従って自主的にエンベロープされること、などを具体的には意味すると考えること

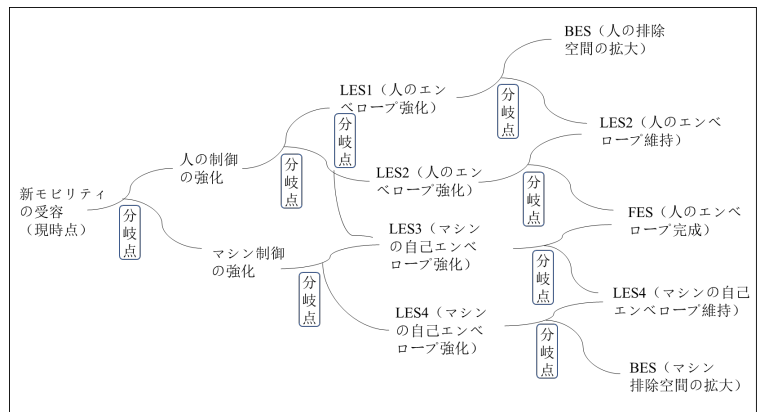


図-1 未来の公共空間の利用状態に至る幾つかの分岐点 (例)

ができる。

(4) BESのイメージ

最後にBESについて、簡単に解説しておこう。BESでは歩行者とマシン等とのコンフリクトを避け、それぞれ空間内でのサービス水準を保つために、空間を大きく分離することになる。具体的な分離方法については、ガードレールやフェンスなどで物理的に分離する従来の方法や、束になった移動体が集団として機能し、他の種別の移動体の侵入を防ぐ方法などが想定される。

なお、歩行空間においてBESが実現する道筋は明らかではないが、①LESの取組みが上手く行かず共存の道を諦めてBESの空間が広がるケース、②FESを構築するために障害となる移動体を排除した結果として形成されるケース、あるいは③初期段階から技術普及速度を高めるために試験的に導入しそれを拡大するケース、などを想定できる。

(5) 各状態のイメージとありたい未来との関係

以上に示した各状態空間は、どれがありたい未来の姿になるのか、現状では勿論はっきりしない。その理由の1つは具体的なイメージが湧かず、そのような空間利用になった際の個々の移動体のサービス水準や移動の快適性などが不確かであることにも理由がある。

配送荷物がいつまでたっても届かない、あるいは歩行者の気が変わっても瞬時には行き先を変えられない、あるいは情緒不安定な子供が増える、あるいは人々の自律性が低下するなど、短期・中長期で不確かな効果や影響が多すぎることに由来する。

実は、FESやLESは、空間利用の理念や原理・原則に応じて検討され導入されるべき手段と考えられ、具体的な検討に際してまず未来社会に向けた空間利用の哲学が

必要になると考えるべきであろう。しかし、現実には、革新的技術の実現性の確かさや、世論など社会の受容性の高低によって、その時々々の社会選択の結果が異なる可能性が高く、どのタイミングで理念を社会が共有できるかもはっきりしない。

この点は社会における合意形成上も重要な論点と考えることができよう。おそらく、後になってから解釈可能な分岐点のようなタイミングがあり、そこで未来の選択が行われていると考えてみることはできる。たとえば、図-11に一例として示したようなパス図である。このような分岐点を事前に捉えて、合意形成の場の議論に継続的にのせることができるならば、なし崩しに結果を受け入れることよりも望ましいと考えることができよう。

4. メンタルエンベロープとその実装可能性

(1) エンベロープの種類とその性質

以上に述べた幾つかの状態空間について、具体的に分析・検討する上で必要になる基本的な概念を改めて整理しておこう。筆者らはFloridiが表現するエンベロープの概念を拡張して、物理的エンベロープに対置可能な心理的エンベロープ (ME: Mental Envelope) , 自分自身の周りに安全なスペースを持ちたいと考えるパーソナルスペース (筆者らはそれをSME(Subject Mental Envelope)と称する) に対置可能な、自分自身から距離のある相手側を逆に囲い込むOME(Object Mental Envelop)という概念を提案している。そして、それらの心理的な存在を調査から明らかにするとともに、そのような概念を用いた空間通行ルールの構築可能性を検討してきた。

OMEの概念は図-2に示す通りである。これは危険や不安などの意識から、相手側に「それ以上近づかず留まって欲しい」と思う気持ちを意味しており、当然だが高速で近づく自転車や自動車などには、そのことを強く感じる歩行者が多い。

OMEは心理的な概念であるが、それを実空間で実装することが考えられる。すなわち怖いと感じた他の移動体をその場に留めたり、あるいは速度を低下させたりすることである。そのようなエンベロープをLESの環境下

で可能にするためには、他の移動体側が歩行者など人間に近づく際に、自主的に挙動を変えることが必要になる。これを自主的エンベロープ条件と称した。先に述べたように、その実装にはAI技術などが必要になるが、近未来に可能な技術といえよう。

なお、他の移動体が一般自転車や電動スクーターである場合、優先権をもつ歩行者が現時点でOMEを実現することは言うまでもなく不可能であるが、SECが一般の自転車にも適用可能な技術開発が進めば、歩行者と交錯する場面で速度を落とすような条件を実装することができるだろう。

(2) 集合的エンベロープという概念

歩行空間上で、エンベロープできない移動体 (これを仮にUEOと称する) がルール遵守しないなどの問題がある場合、コネクテッドされていてエンベロープ可能な移動体が混在する状況 (これはLESということになる) で、何か対処できることはないかという課題を設定できる。その目的は空間における安全性の向上ということになる。

そのようなケースでUEOをエンベロープする方法として、集合的エンベロープ (Collective Envelope) という概念を提案したい。1対1のOMEではなく、複数の移動体が協調して挙動することによって、エンベロープできない移動体の挙動に間接的に働きかけ、結果的に挙動に影響を及ぼすことである。

この実現可能性については、たとえば、複数のコネクテッドされた移動体が、①同時にUEOに対して警告を発する、②UEOの進路を安全に配慮しつつ連携して狭める、③子供等の弱者を連携してエンベロープすることでUEOの危険から守る、などによって歩行者などの安全を確保することが考えられる。

そのことでコネクテッドされた移動体のシステム (たとえば、電動キックボードのシェアリングサービス) の公共貢献を高め、当該サービスの公共性の高さをより広く認識させることにつながる可能性を指摘しておく。

(3) コネクテッドとエンベロープとの関係

ここでコネクテッドとエンベロープとの関係を示しておきたい。コネクテッドとは移動体が通信システムでクラウドや他の移動体と繋がっている状態を指すが、それによって物理的なエンベロープが可能になるかどうかはシステム次第と考えられる。先述した電動スクーターの場合は、システムとして制御されることから、歩行者とコネクテッドされていなくとも、自主的エンベロープを歩行者に対して行

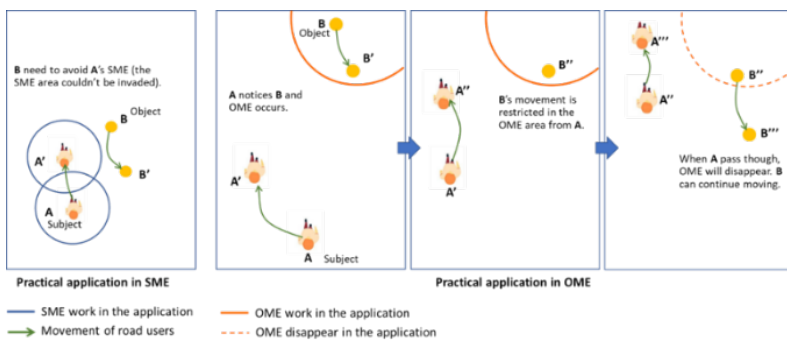


図-2 メンタルエンベロープの基本概念 (SMEとOME)

い、多少遠方で止まったり、低速化することが可能である。一方、歩行者や自己保有の自転車等の場合は、仮にスマホ等のデバイスがコネクテッドされていたとしても、他の移動体がこれらをエンベロープすることは容易ではないだろう。

したがって、コネクテッドとエンベロープされた状態とは同一ではなく、人間であればコネクテッドされていてもエンベロープが実現できるとは限らず、人間以外であればコネクテッドされていれば、おそらく物理的にエンベロープ可能ということが出来る。

(4) リコメンデーションとエンベロープとの関係

次にエンベロープされた移動体（ここでは特に歩行者を指す）に対するシステム側からのリコメンデーション（あるいはオーダー）と、歩行者のメンタルエンベロープとの関係について簡単に解説したい。

歩行者が歩行空間を移動中に受けるリコメンデーションをイメージするため簡単な例示として、たとえば、①車に注意して左に1m避けてください（安全）、②足をもっと高く上げて、少し早く歩きましょう（健康）、③

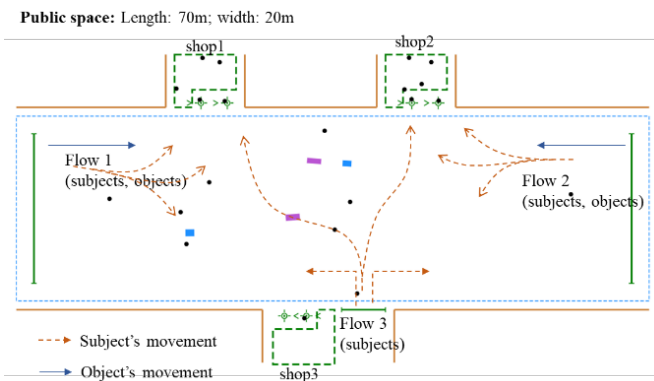


図-3 マイクロシミュレーションで対象とした公共空間

この店であなたの好きな健康食品を只今3割引にしました（消費）、④危険です！自転車が通過するまで止まりましょう（安全）、などを良し悪しは別に例として挙げられる。

一方、これらの状況におけるメンタルエンベロープを考えると、①車にスピード落としてもらいたい(OME)、②ボットや自転車を気にせず気ままに歩きたい(OME)、③喧噪を避けて店の中で少々くつろぎたい(SME)、④自転車の方にこそスピード落としてもらいたい (OME) といった表現を例に挙げることができよう。

厳密には論じられないが、リコメンデーションは自己エンベロープを実現するための一連の指示ということができ、メンタル・エンベロープは人間にしか持ちえない他の移動体（人間を含む）に対しエンベロープしたいという心理を表すものといえる。これら両者は当然ながら

異なるが、リコメンデーションに従っているなら、自らをエンベロープする状態が実現していると言えなくはない。そのような状態が望ましいか否かは何とも言えないが、人々の意識で容易に変化するものかもしれない。

6. 未来シナリオを理解するためのシミュレーション分析利用

(1) 本研究のスタンスの確認

既に述べたように、本稿ではエンベロープという概念で、歩行空間における多様な移動体が、相互に交錯しつつも衝突を避け通行する状態を想定してきた。ただ、それらが理想的な姿、あるいはありたい未来の姿とは明言してない。もちろん、歩行空間で完全自動のシステムを構想するなら、その実現にCASEのような統合されたシステムのイメージが必要になるだろう。

しかし、歩行空間では、複数の運用システムが並立し、歩行者はそもそもそのようなシステムの外部に居続けたいと考える方が現時点では大勢と思われる。本稿では実はそのような未来をより好ましいと考えている。それは本稿のスタンスである。

そのため、LESにおいても、そもそも個々の移動体の間で、どのようなルールに従って通行することが受容可能なのか、あるいは社会として望ましいと考えられるのか、そのあたりの検討から始めることが必要と考える。

(2) シミュレーションの前提

以上を踏まえて、本稿では筆者らが進めているシミュレーション分析の一部を紹介することによって、今後、合意形成の対象としたい未来の公共空間の利用ルールについて、より具体的な議論の入り口をつくることを考えてみた。

シミュレーションの前提条件として、図-3に示す道路空間を想定した。この空間には店舗が立地し

ており、確率変数に従って歩行者が立ち寄る設定になっている。この図ではsubjectは歩行者を指し、それ以外の主体をobjectと称している。この空間を移動する主体の種類は、図-4に示すように歩行者の他に、配送ロボット、

Agent	Height	width
Subjects		
Pedestrian	100~180cm	40cm
Objects (3 types, randomly)		
Robot	50~150cm	40~100cm
Wheelchair	100~130cm	60~80cm
Cyclist / e-Scooter	160~180cm	50~80cm

図-4 移動主体の種類とサイズ

Agent	Speed
Pedestrian	0.5~1.2m/s (1.8~4.3km/h)
Robot	80%:
Wheelchair	1.2~4.16m/s (4.3~15km/h)
Cyclist / e-Scooter	20% (very fast): 4.17~6.94m/s (15~25km/h)

図-5 移動主体の移動速度

電動車いす、自転車、電動スクーターであり、それらの移動速度についても図-5のように個々に確率変数で与えているが、詳細は省く。

(3) シミュレーション上の移動ルールの概要

さて、以上に示した移動主体が、空間上を左右方向に移動するが、途中で店舗に入る主体もあり、移動方向は必ずしも長手方向だけではない。ここで、移動時のルールを次のように導入した。すなわち、①すべての主体が同等のプライオリティで移動するケース (no rule)、②歩行者のプライオリティが最も高いと考えて、歩行者が他の移動体に対してOMEを実現できるケースの2つである。そして、②の具体的なルールとして、OMEされた他の移動体が停止するケースと速度を落とすケース、さらに両方が組み合わされたケースである。歩行者が他の移動体に対してOMEを発動するか否かは、過去の筆者らの行ったアンケート結果を用いて比率を定め、それを確率変数として歩行者ごとに与えている。そのため、他の移動体の大きさや速度に応じて、OMEを発動しない歩行者から極めて強いOMEを発動する歩行者まで、様々な歩行者が確率的に発生する。

(4) シミュレーションの結果と解釈

継続時間10分間のシミュレーションを5回行った結果の平均値を図-6に整理した。いずれのケースでも歩行者が他の移動体に遭遇した場合におよそ80%の割合でOMEを生じさせていることが分かる。そのときにstopルールによって他の移動体を止めることが出来るケースでは、

20*70m	mean value			
	no rule	two rules	stop	slow down
count (agents)	229.6	224	225.40	230.8
count (pedestrians)	111.8	107	110.40	115
encounter	778.4	792.4	727.80	860.2
OME (occur)	556.8	567.6	522.40	622
OME (not occur)	137	142.8	131.80	150.4
OME-total	693.8	710.4	654.20	772.4
OME(occur %)	80%	80%	80%	81%
SME (occur)	67.2	64.2	56.80	66.8
SME (not occur)	17.4	17.8	16.80	21
SME-total	84.6	82	73.60	87.8
SME-(occur %)	80%	79%	77%	76%
average speed/sec	1.26	1.22	1.15	1.26
agent/sec	21.23	21.83	23.44	21.85
density-agent/sec/m ²	0.015	0.016	0.017	0.016

OME (occurring distance)	5.60	5.65	5.75	5.61
OME-unease	4.95	1.75	0.00	2.50
SME-unease	2.80	1.89	0.00	2.43

図-6 マイクロシミュレーションの結果 (幅員20m)

概ね1割程度の移動速度の低下がみられる。Slow downのルールでは本計算の条件のもとではあまり平均速度に違いは見られなかった。一方、意識調査のデータをもとに関数化した不快さuneaseについては、no ruleに比してstopルールを導入することで解消できることと、slow downルールの導入によっても数値上は大きく改善することを示すことができた。

すなわち、歩行者が他の移動体を強くエンベロープするルールの導入によって、全体の移動速度が低下することになると同時に、歩行者の不快・不安が低下するという関係をシミュレーションによって表現することができた。このような基礎的なシミュレーションの精緻化を進め、歩行空間に関わる理念や規範を具体化したルールの効果や影響の分析によって、未来の空間利用の在り方を議論するための基礎的情報を与えられると考える。

7. まとめ、合意形成問題として

本稿では、多種多様なモビリティが混在する歩行空間の利用原則というものが、今後の技術開発を想定すれば、社会的合意形成の課題として今から検討しておく必要性が高いと考え、考察を加えたものである。

そのため、筆者らの提案するエンベロープ理論を活用し、未来の公共空間利用の姿をいくつかイメージとして具体的に示すことで議論の幅を広げ、そのような姿に向かう道筋を想定することで現れる分岐点において、十分な情報や議論に基づく社会の合意形成の取組みが望ましいことを示した。

また、本稿では筆者らの研究成果を踏まえ、各種ルールに伴う利用状態の変化をマイクロシミュレーションで分析することによって、ルールが直接及ぼす効果と影響について理解を深め、更なる議論に進むことの重要性も同時に示した。

デジタル技術の活用により相手を制御するエンベロープは、表現は異なるにしてもリアル、バーチャルで既に始まっており、人間が今後一層強力でエンベロープされるスピードに対して、どのように歯止めをかけるのかということが重大な論点になる可能性も少なくはない。その際、安全性や快適性のみではなく、人間の自律性に関わる論点にまで広げて整理し、議論可能かが問われるように考える。

引用・参考文献

- 1) <https://www.honda.co.jp/sustainability/report/pdf/2022/Honda-SR-2022-jp-079-095.pdf>
- 2) Apple WATCH SERIES 4 CM 「腕に導かれて」 篇、
<https://www.youtube.com/watch?v=qvRKRu9kH0Y>
- 3) 経済産業省：Society5.0 における新たなガバナンスモ

デル検討会報告書, 2021.7.

- 4) Zou, L., Yai, T. (2022). Exploration of mental envelope determinants when pedestrians interact with various mobilities on mixed streets. *Transportation Research F: Psychology and Behaviour*, 85, 24-37.
- 5) Zou, L., Yai, T. (2022). A proposal of envelope theorem on the interaction between pedestrians and mobilities on urban roads. *Asian Transport Studies (ATS)*, 8.
- 6) Floridi, L. (2014). *The fourth revolution: How the infosphere is reshaping human reality*. OUP Oxford.
- 7) Floridi, L. (2019). What the near future of artificial intelligence could be. *Philosophy & Technology*, 32(1):1–15.
- 8) Hasegawa, Y., Dias, C., Iryo-Asano, M., & Nishiuchi, H. (2018). Modeling pedestrians' subjective danger perception toward personal mobility vehicles. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 56, 256-267.
- 9) Nishiuchi, H., Sato, T., Aratani, T., & Todoroki, T. (2010). An analysis of Segway behavior focusing on safety distance for pedestrians and gaze of riders. In *17th ITS World CongressITS JapanITS AmericaERTICO*.
- 10) Pacchierotti, E., Christensen, H. I., & Jensfelt, P. (2006, September). Evaluation of passing distance for social robots. In *Roman 2006-the 15th IEEE international symposium on robot and human interactive communication* (pp. 315-320).
- 11) Lauckner, M., Kobiela, F., & Manzey, D. (2014, August). 'Hey robot, please step back!'-exploration of a spatial threshold of comfort for human-mechanoid spatial interaction in a hallway scenario. In *The 23rd IEEE international symposium on robot and human interactive communication* (pp. 780-787). IEEE.
- 12) Ratsamee, P., Mae, Y., Ohara, K., Kojima, M., & Arai, T. (2013, November). Social navigation model based on human intention analysis using face orientation. In *2013 IEEE/R SJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 1682-1687). IEEE.
- 13) Aiello, J. R. (1987). Human spatial behavior. *Handbook of environmental psychology*, 1(1987), 389-504.
- 14) Vassallo, C., Olivier, A. H., Souères, P., Crétual, A., Stasse, O., & Pettré, J. (2017). How do walkers avoid a mobile robot crossing their way? *Gait & posture*, 51, 97-103.
- 15) Vassallo, C., Olivier, A. H., Souères, P., Crétual, A., Stasse, O., & Pettré, J. (2018). How do walkers behave when crossing the way of a mobile robot that replicates human interaction rules? *Gait & posture*, 60, 188-193.

CONSENSUS BUILDING AND ENVELOPE THEORY IMPLICATIONS FOR MOVEMENT RULES IN CONNECTED PUBLIC SPACES

Tetsuo YAI and Zou Lubing