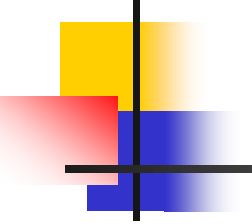


自動走行システムの将来について

－自動運転時代の都市と交通－

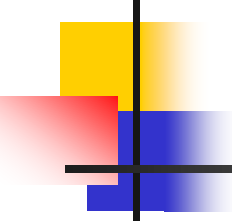
太田勝敏(豊田2017.9.13)

1. はじめに－自動運転車AVと交通まちづくり
2. 自動運転関連技術の特性
 - －電動化・自動化・情報化・シェアリング
3. 新たな交通システム・サービスの可能性
4. 自動運転車時代の交通と社会
 - －期待される効果
5. 交通の新世紀： 明日に向けて



1.はじめにー自動運転車AVと交通まちづくり

- 私の視点：あまり運転しない高齢ドライバーとして、私たちのまちとくらしはどうなるのか？ 関連技術と企業の激しい変化の中で、中長期的に交通まちづくりの視点から考える(speculate)
 - ー 自動運転をめぐる話題の目まぐるしい展開、不確実性大のなかでの私見
 - ー 車社会の課題は解決するのか？ クルマとその運転の意味は？
くらし・なりわい、まち・社会はどうなるか？ 良くなるか？
⇒ 今からどう備えるべきか？
- 自動運転技術：究極の姿は‘運転は不要’、‘運転は不可’の世界？
 - ー 現状との関係：エレベーターの乗客？ お抱え運転手つきクルマ、タクシー・ハイヤーの利用での移動に相当？
Automated/Autonomous and Connected (Shared) EV が主流：
有能な秘書兼運転手つきで、外部と常時繋がる移動具
 - ー 普及には長期間。 在来車、AV技術の一部導入車・交通サービスが併存
 - ー 新しい交通社会：都市でのヒトとモノの移動を考える



2. 自動運転技術の特性～電動化・自動化・情報化・シェアリング

1) 現在：“知能を持つクルマAV”，AUTO SAPIENCEの誕生紀 — 進化開始！

2) クルマから見た4段階の発展構想：利用者からの認識とのズレ

— 現状(レベル0)とAVのみ(レベル5)で全体と考えるべき：政府はSAEの5段階を参考に6段階を検討中。レベル0追加、レベル4を地域限定の有無でレベル4とレベル5に区分。

— 利用者の視点：運転の負荷・タスクの軽減？ 安全性は？ コストは？
現状(レベル0)、運転支援(レベル1・2)、運転機能代行(レベル3・4)、
運転不可・利用/乗車のみ(レベル5)

⇒ レベル0－2では要運転、レベル3・4では非運転選択可、
レベル5では運転不可。運転時は運転者責任。

— 運転適格者の拡大(高齢者、障がい者、傷病者などの一部も運転可)

— 場所・状況で運転と非運転の使い分け可能に。移動の意味が変化。

表A 自動化レベルとその技術的内容

日本

- レベル1：安全運転支援システム－加速・操舵・制動のいずれかを自動車が行う状態
レベル2：準自動走行システム－加速・操舵・制動のうち複数の操作を同時に自動車が
行う状態
レベル3：準自動走行システム－加速・操舵・制動を全て自動車がを行い、緊急時のみ
ドライバーが対応する状態
レベル4：完全自動走行システム－加速・操舵・制動を全てドライバー以外が行い、
ドライバーが全く関与しない状態

注. 自動走行システムはL2, L3, L4

米国

- レベル0：自動化なし－常時すべて人手による制御
レベル1：特定機能の自動化－衝突危険時などに作動、ACC,ESC,自動ブレーキなど
レベル2：複数機能の自動化－ACCとレーンキープ、ハンドルとブレーキ人手不要、
必要に応じて運転者の介入可
レベル3：限定的な自動運転（self-driving）－特定の道路/交通環境下での自動化
レベル4：完全な自律自動化－トリップ全体を車両が安全制御・モニター状態

出所：内閣府, SIP自動走行システム研究開発計画, 2014年5月23日

米国－J.M. Lutin et al, The Revolutionary Development of Self-Driving Vehicle and Implications for the Transportation Engineering Profession. ITE Journal, February 2013.

自動運転レベルの定義概要(案)

レベル	概 要	安全運転にかかる 監視、対応主体
運転者が全てあるいは一部の運転タスクを実施		
SAEレベル0 (運転自動化なし)	運転者が全ての運転タスクを実施	運転者
SAEレベル1 (運転支援)	システムが前後・左右のいずれかの車両制御にかかる運転タスクのサブタスクを実施	運転者
SAEレベル2 (部分運転自動化)	システムが前後・左右の両方の車両制御にかかる運転タスクのサブタスクを実施	運転者
自動運転システムが全ての運転タスクを実施		
SAEレベル3 (条件付き運転自動化)	・システムが全ての運転タスクを実施(領域限定的) ・システムの介入要求等に対して、予備対応時利用者は、適切に応答することを期待	システム (フォールバック中は運転者)
SAEレベル4 (高度運転自動化)	・システムが全ての運転タスクを実施(領域限定的) ・予備対応時において、利用者が応答することは期待されない	システム
SAEレベル5 (完全運転自動化)	・システムが全ての運転タスクを実施(領域限定的ではない) ・予備対応時において、利用者が応答することは期待されない	システム

(注)レベル3～5の「領域」は、必ずしも地理的な領域に限らず、環境、交通状況、速度、時間的な条件などを含む。SAEは米国の標準などを策定する技術者団体 (出所)内閣官房IT総合戦略室

出典:鎌田実, 日経新聞, 2017.3.8.

写真A 開発中の各種自動運転車



出所：L. Daniels（ロンドン交通局）発表資料 国連大学でのワークショップ(2014.11.17-18)

The Revolutionary Track ... no steering wheel

1975 – Morgantown PRT



Stan Young / PRT Scanning Tour

1999s – Rivium PRT



<http://www.advancedtransit.org/advanced-transit/applications/rivium/>

2010s – Heathrow/Masdar PRT

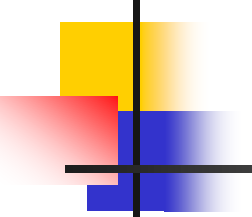


<http://www.advancedtransit.org/advanced-transit/applications/heathrow/>

2016 – ?????????



www.google.com

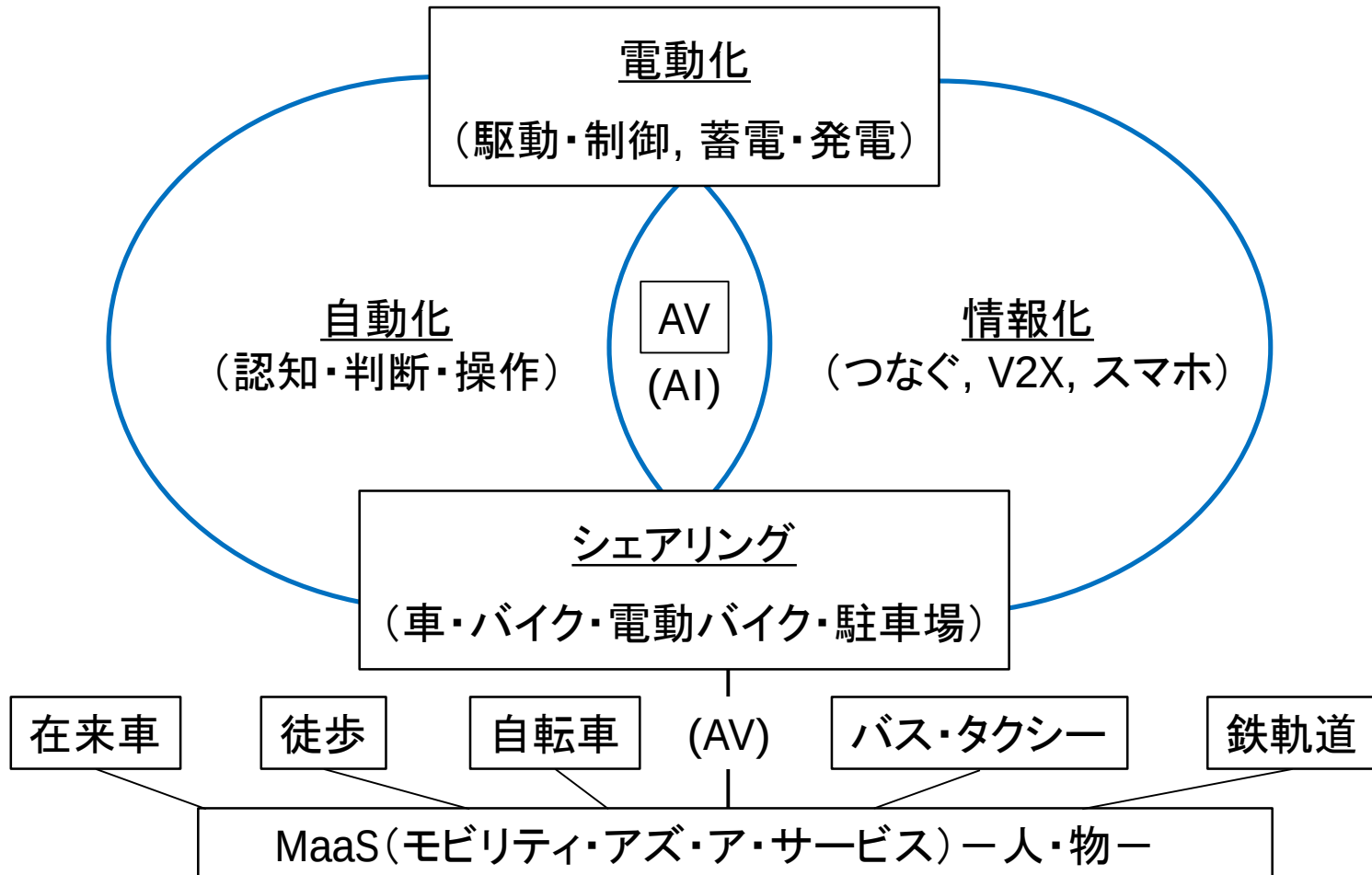


自動運転技術とその特性

- 1) 自動運転車AVによる交通システムの4つの構成要素と特徴
 - ― 車両(交通具)、交通インフラ、運用システム、経営システム
- 2) 利用者(運転者, 同乗者)の役割: 運転やクルマ所有の意味が変化
 - ― 技術発展レベルとの対応で要求されるタスク・技能が変化
 - ― 運転適格者の拡大: 高齢者、障がい者、傷病者、飲酒時など
(経済的支払い・購入可能性アフォーダビリティが前提)
 - ・ 利用者/運転者適格性の識別: 個別認証・免許と利用時のチェック体制
ヒトもクルマもマイナンバー?: 交通参加者はすべて電子タグ帯同
受動的ID(待機時)と能動的ID(移動時)
 - ・ 運転の意味: Captive vs Choice driver- 多くはできれば運転なしで
 - ・ クルマ保有の意味?: シェアードエコノミー(安く、利便性次第?)
- 3) プロや非AVによる移動サービス: 非適格者などへの対応に必要(並存)

図A これからのモビリティ

－自動運転関連技術要素と交通手段－



表C 自動運転車交通システムの構成要素と特徴

(太田、文献2を修正)

1. 車両

関連技術要素	社会的意味(可能性と課題)
・電子制御(ICT技術)	自動走行(運転技術不要), 外部との常時リアルタイム・コネクション(V2V, V2P, V2I, V2S : 車と車 / 歩行者 / インフラ / 社会)がつながりー交通参加者は電子タグIDの帯同原則, 安全性・効率が向上
・電動EV (電気モーター)	多様な電力源可。発電・送電・蓄電・充電などの施設が必要。FCVも ー走行時は排出ガス・温暖化ガスCO ₂ なし, 騒音なしで高い環境性能
・車両構造・設計	小型軽量化の可能性 : 構造が従来車よりシンプルで部品数が少ない ー利用者に合わせた仕様・デザイン・性能調整が可能(ファッション性, パーソナル化) : 設計の自由度大・形態変更(変身・合体・分離・折りたたみなど)の可能性 ー災害時などで代替電力源, 情報端末, シェルター(津波救命ブイ), 物資保管場所などの多機能性

表D 自動運転車交通システムの構成要素と特徴

2. 交通インフラ(ハード)

関連技術要素	社会的意味(可能性と課題)
・走行インフラ(リンク)	既存道路施設の効率的利用(車間距離の短縮、車線幅員の縮小で道路交通容量の大幅拡大が可能), 走行時の効率性・安全性の向上(ITSとV2V等)、AV専用レーン・通行路・空間/地区の整備(小型、軽量) ー走行空間のシェアード・スペース化(多様な速度の移動具の混在・共存が可能, スローライフの公共活動空間) ☆AVの普及状況に依存. 一般市街地では、移行期・在来車との混在期が長い可能性.
・結節点インフラ	交差点部の簡素化(AV完全普及の場合は信号不要?, 容量増加の可能性)、ターミナル施設の再設計(P&R, タクシー待ち場・待機場などの簡素化、充電施設などの整備) ー駐車施設の共用・規模縮小(小型、収納は省スペース化), 自動倉庫化(整備・点検・充電拠点に) ー新たな交通結節点・地域拠点としての整備(都市間と市内, “まちの駅”, “小さな拠点”としての整備)
・ネットワーク	都市間交通との接続(リアルタイムでシームレス化), まちづくりとの一体化(TOD開発, 新拠点の形成)

表E 自動運転車交通システムの構成要素と特徴

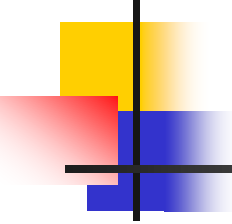
3. 運用システム

関連技術要素	社会的意味(可能性と課題)
・交通流管理・制御	並列・縦列走行などによる効率性・エネルギー消費の効率化, 安全性・容量アップのための制御・管理、非常時の運用体制・BCPなど
・利用者管理・情報	走行制御の高度化(不適格車・故障車などへの対応), 交通ルール(重量, 速度など)の注意喚起・自動遵守 (ISA 等), ビッグデータの収集・解析、一部オープン化とその活用(プラットフォームの創設) ー運行状況, 乗り換え・結節サービス情報, 事故・災害情報などのリアルタイム提供 ー電子ナンバープレートなど個車認識(プライバシー問題). 利用者(運転者・同乗者別)資格と適正の個別認証(交通参加者すべてに認証用タグ・AV用マイナンバー?)と乗車時の適正確認(健康・服薬状況、荷物、支払可能性、危険物持ち込みの有無など)の仕組み(電子タグでの受動的IDー待機時、と能動的IDー移動時)
・維持管理・点検	インフラ・車両点検・管理システムの再構築が必要. IoT 技術の活用 ーセキュリティ管理, 災害・事故への対応ーハッキング, サイバー攻撃など新たなリスクへの対応が必要

表F 自動運転車交通システムの構成要素と特徴

4. 経営システム(経営主体・仕組みを含む)

関連技術要素	社会的意味(可能性と課題)
・インフラ整備	ハードインフラ整備・運営・管理システムの再構築が必要(新仕様・基準) ソフトインフラ整備:データ活用とプライバシー保護、保険、セキュリティ管理, 災害・事故対応の仕組みの確立
・車両・インフラ管理	費用と負担方式, 料金体系, 利用者・車両製造者・サービス管理者の負担・責任, 保険の体系的整備
・財源調達・経営管理	持続可能性, 健康, 安全, 安心, モビリティ格差・社会的排除の防止などの社会的ニーズの確認・対応 ーセキュリティ管理、事業継続計画BCP の策定と体制づくり ー ビッグデータの収集・分析・管理、販売・提供(総合交通管理、MaaSなど公共・民間部門へ)
・顧客対応・社会貢献	理解促進, 普及活動, 研究開発・技術革新, 社会・国際貢献(グローバル標準づくりなど)



3. 新たな交通システム・サービスの可能性

1) 背景:これからの社会と交通

- ー情報革命の進展:クルマは遅れた?
- ーシェアリング、シェア経済化: 生活・産業の変化

2) AV時代の交通の特徴

- ー交通の仕方, 交通サービスの変化(人流・物流)
- ー個人所有(自家用)AV・非AV の存続:多目的資産
- ー移行期(非AVとの併存): AV技術の部分導入で
発展する新しいモビリティ・サービス(Uberなど、MaaS)
- ー公共交通への影響: デマンド対応型MODサービス、
個別輸送型・乗合輸送型の進化・連携

3) くらしと交通の変化(例示)

4) 都市と交通の展開

表3-A 新しいモビリティサービスによる選択肢

<u>在来型サービス</u>	<u>新しい形態のサービス</u>
1. <u>個別輸送ベース</u>	
自家用乗用保有	個人間カーシェア (peer to peer) E-hailing・ライドシェアリング (オンデマンドでのタクシー・自家用車の 呼び出し・有償) * TNC(カリフォルニア州、Transportation Network Company)
タクシー	自転車シェアリング: Cycle/Bike share (パリ・ベリブ)、中国: 公共自転車、Dockless smart bike sharing
レンタカー	カーシェア (事業者による短期オンデマンド型レンタル制)
2. <u>グループ輸送ベース</u>	
カープーリング (相乗り)	相乗り型E-hailing・ライドシェアリング (同方向での相乗り, 料金・実費分担) オン・デマンド自家用シャトル (呼出しアプリ, 料金はタクシーより高く, 路線バスより安い)
公共交通 (乗合) (バス, 鉄軌道・トラム)	自家用バス (相乗りWi-Fiベースの通勤バス; 一般用, 従業員で車通勤の代替として使用)

出所: McKinsey & Company, “Urban mobility at a tipping point” (September 2015) を基に加筆.

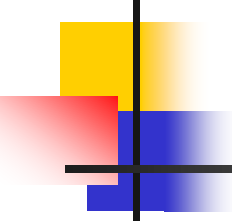


表3-B サイクル・シェアリングの展開

第一世代:1965年アムステルダムホワイト・バイク
(50台, 都心部で無料貸出)

第二世代:1995年アムステルダム(有料, コイン・デポジット方式,
特別仕様車を専用置場に配置)

第三世代:1998年レンヌ(フランス)で開始(IT先進技術によるビジネス・モデル:
特別仕様車と専用置場, 面的広域配備, 料金支払・利用車特定・位置確認にIT活用)
リヨン(2005年), パリ(2007年)で大規模導入

第四世代:公共交通との連携(シームレス化, 共通スマートカード), 太陽光発電、電動自転車の導入.
GPS整備, 置き場無しでどこでも返却可のスマートバイクなど中国で爆発的普及中.
Mobike(2016.4より上海で、中国ほか80都市、約450万台)、ofo(2014より、中国34都市、ほか英米
シンガポールなど.2017年内に国内100都市、海外10ヶ国拡大の予定)など1都市に複数事業者が続出.

註:S.Shaheen and S.Gutman,"World Wide Bikesharing"(ACCESS, Fall2011)を基に各種資料で第四世代など加筆。

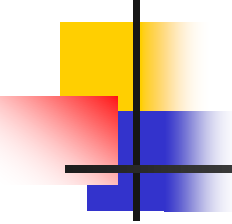


表3-C ハイテク・シェア自転車の進展 -中国発のdockless bike share-

- 特徴: GPS装備のハイテク自転車シェアリングで、利用者はスマホで解錠施錠・使用・支払が可能。どこでも貸し出し・返却可能なシステム。
- 動向: モバイク, オッフォなど30社以上, 数年で中国都市で急激に普及し, 約 1000万台。手頃な値段(30分で1元, 約16円程度)でどこでも乗り捨て可能。英国マンチェスター市・シンガポールなどにも進出。供給過剰で, 歩道占拠・放置問題で中国では規制開始。
☆従来の公共自転車(public bike、駐輪施設整備)も普及。
- 日本: モバイク社一札幌で2017年8月開始, 専用駐車場で30分50円, 数千台? 年内に福岡などに展開予定。
☆NTTドコモのバイクシェアは都内で約5300台など。

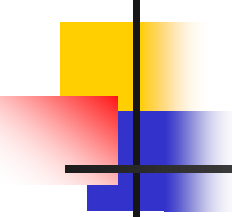


表3-D ライドシェアの動向と効果

・ライドシェアの台頭 – 物流でもー

配車アプリ・スマホで予約、カード支払い・決済の自家用車による有償タクシーサービス(相乗りも)。世界的には欧米(Uber, Lyft)等、途上国でも急増中(中国ーDidi, シンガポールのGrab: 7か国87都市、トヨタと連携、インドネシアの*ゴジェック)

* オートバイタクシーでの同様の展開(宅配なども)、ベトナムなどでも。

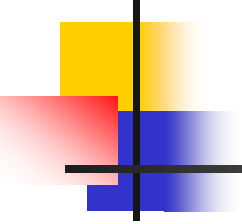
・車保有・利用に与える影響 – 米国Austim市での事例ー

・調査: 2016年4月住民投票でTNC事業者は運転者の身元チェック体制が要件に, Uber/Lyftは撤退。代って12社が参入したが, 多くは撤退。その後, 州法で市条例は無効となり, 2017年5月に2社はサービス再開。2社のサービス中断期間にミシガン大学等がアンケート調査。(1200人サンプル)

・行動変化ー車に戻った41%, 車を購入9%, 公共交通利用3%, 他のライドシェア利用42%

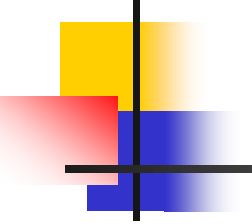
・解釈: ライドシェアは公共交通を補完し, 車保有を少なくする傾向。利用者は車購入よりはライドシェアを選択。

出所. highbridCARS, 2017.8.10.



Shared Mobility Service Models の分類

1. 会員制
 - ・バイクシェアリング ・カーシェアリング ・オンデマンド ライドシェア
 - ・スクーターシェアリング ・バンパーリング
2. P2P(Peer-to-Peer)セルフサービス型(同好者・仲間同志)
 - ・バイクシェアリング ・カーシェアリング
3. 非会員制(一般向け)セルフサービス型
 - ・バイクシェアリング ・レンタカー ・カジュアル カープーリング(非固定相乗り)
4. 使用料金制サービス型
 - ・クーリエサービス(CNS) ・ハイヤー(リムジン, 高級車), 輪タク
 - ・スマホ案内アプリ車(TNC Uberなど) ・タクシー, スマホ予約タクシー
5. マストランジット(大量輸送)型
 - ・公共交通 ・その他の公共交通サービス



新しい交通のとらえ方 – MaaS

MaaS—Mobility as a Service—

定義： 電子情報ベースで交通関連サービスの提供を確保・管理して顧客の（人および物の）モビリティ要件を満たすこと。

背景— マイカーでの移動からタクシー・カーシェア・相乗り等多様な交通手段を組み合わせて出発地から目的地までの移動全体をひとつのサービスとしてとらえて適切なモビリティ解を提供する考え方。

— 先端情報技術で個人ニーズに合った動的なシームレスな移動サービスを提供。インターモーダル移動計画・予約・スマート発券と支払の一括サービス。

— モノのからコトへ。シェアリングへの意識変化の中で、自動車産業も車づくり（アウトプット）から移動サービス提供（アウトカム）へ。

註. Transport Systems Catapult, MOBILITY AS A SERVICE.2016 をベースに作成

図B MaaS: 安い価格で最高のサービス ーパッケージ月額料金の例

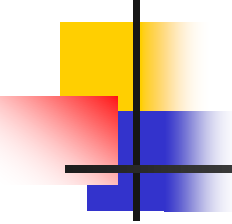


出所: ITS Finland MaaS. 2017.4.

図B' MaaS: 安い価格で最高のサービス ーパッケージ月額料金の例



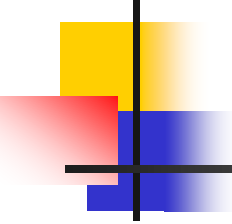
出所: ITS Finland MaaS. 2017.4.



3.1 MaaSの主要ステークホルダー：新たな関係者・ビジネス

1. 交通サービス利用者： 出発地から最終目的地までの移動全体（人および物）についての交通サービスの消費者
2. MaaS供給者： MaaSビジネスモデルの設計と提供
3. データ供給者： 交通サービス供給者とMaaS供給者の要件に合ったデータ・情報をサービスするデータ仲介
4. 交通サービス供給者： 公共・民間の交通事業者、道路・駐車場・充電施設などの施設、ITSインフラ等の情報資産などの交通関連資産・サービスの提供
5. 政府・自治体などの交通担当部局： 制度・仕組みづくり、関連政策・制度の実施

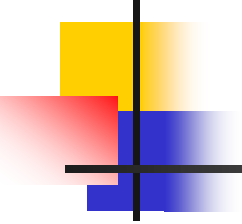
註. 新たにMaaS供給者、データ供給者、ニュービジネスに多方面からの参入、活性化が期待できる。例、自動車メーカー、スマホ・アプリ関係者など



3.2 MaaSによる潜在的利用者便益

項目	利用者が感じる便益
個人に合ったサービス	利用者とMaaS提供者を関連づける個人毎のサービスにより適切な移動を予想し提供
利用のしやすさ	スマートフォン・カードなど多様な器材で容易に移動具とサービスを使用可
支払いのしやすさ	使用毎の支払いから、日単位での事前・事後支払いなど利用者が選択可
状況に応じた 移動管理	リアルタイムで移動ニーズの変化に合わせた動的な移動管理サービス
移動の計画づくり	時間・コスト・快適性・利便性など個人の好みでの移動計画づくりを支援

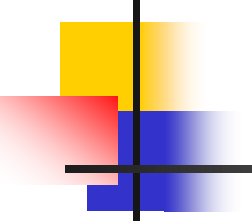
出所: Transport Systems Catapult, MOBILITY AS A SERVICE, 2016.



3.3 MaaSによる主要な便益

1. 利用者(移動者): 移動費減など価値増進、移動選択肢の増加
2. 社会(政策担当者): 市民に合った効率的交通管理手段、道路使用の効率化、交通補助政策の合理化、持続可能な交通への誘導
3. データ供給者: データ仲介、データ分析能力の活用による新事業分野
4. 交通事業者: 移動行動の変化による乗客増と新市場開拓、サービス改善による市場競争力の強化

出所: Transport Systems Catapult.



3. 4 MaaS導入の文脈と必要規制

1. 交通問題の状況と政策ニーズ

- ・移動選択肢(手段・サービス)の状況ー限定, 普通, 多様(複雑)
- ・政策ニーズー道路渋滞, 公共交通混雑, 大気汚染, 交通混乱・遅延時の対応能力, 健康問題, 交通弱者支援, 経済発展との関係

2. MaaSに求められる機能

- ・統合的移動計画, 一括料金支払, オンデマンド移動(公共交通)・自前(徒歩・自転車・マイカーなど)移動サービスの選択・予約, 顧客最適の動的サービス提供, 容量最適の動的サービスの提供の順で高度化

・MaaS規制類型:

C₁ オープン市場型(複数のMaaS事業者で政策ニーズ少ない, ブリストルなど)

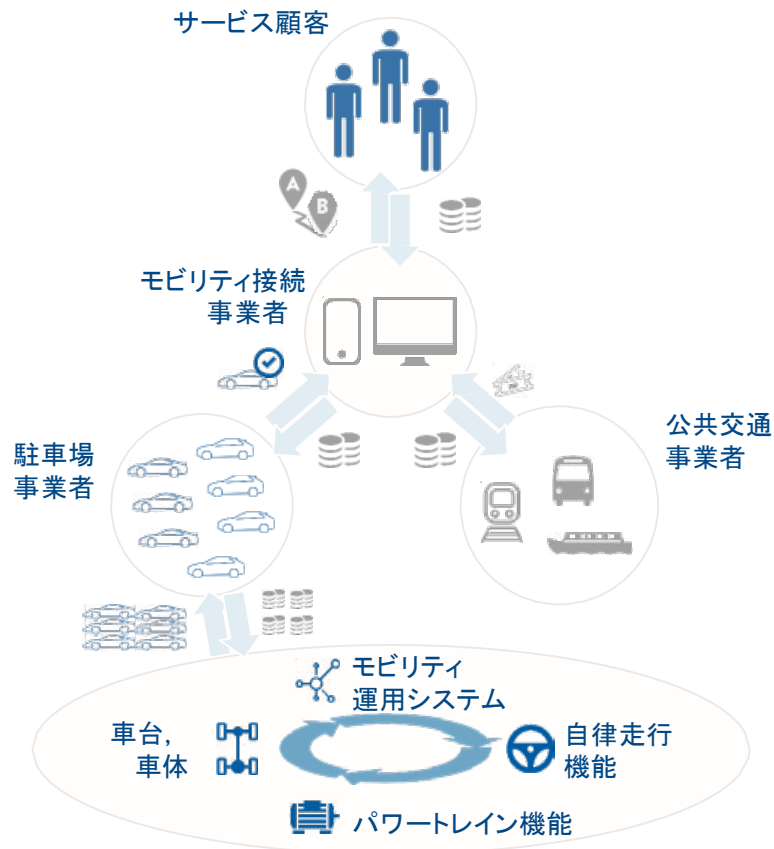
C₂ 規制限定型(公共・民間の少数事業者で, 政策ニーズ中位, ヘルシンキ)

C₃ 一般規制型(公共事業者で政策ニーズ多く重要, 好事例なし)

- ・公共部局の機能・能力要件: ベースは一般規制監視, マルチモード分析・管理, 統合サービス管理・データ解析, 動的ネットワーク管理能力が順次必要

注. KPMG, Reimage Places:MaaS(2017.8)を参考にして作成。

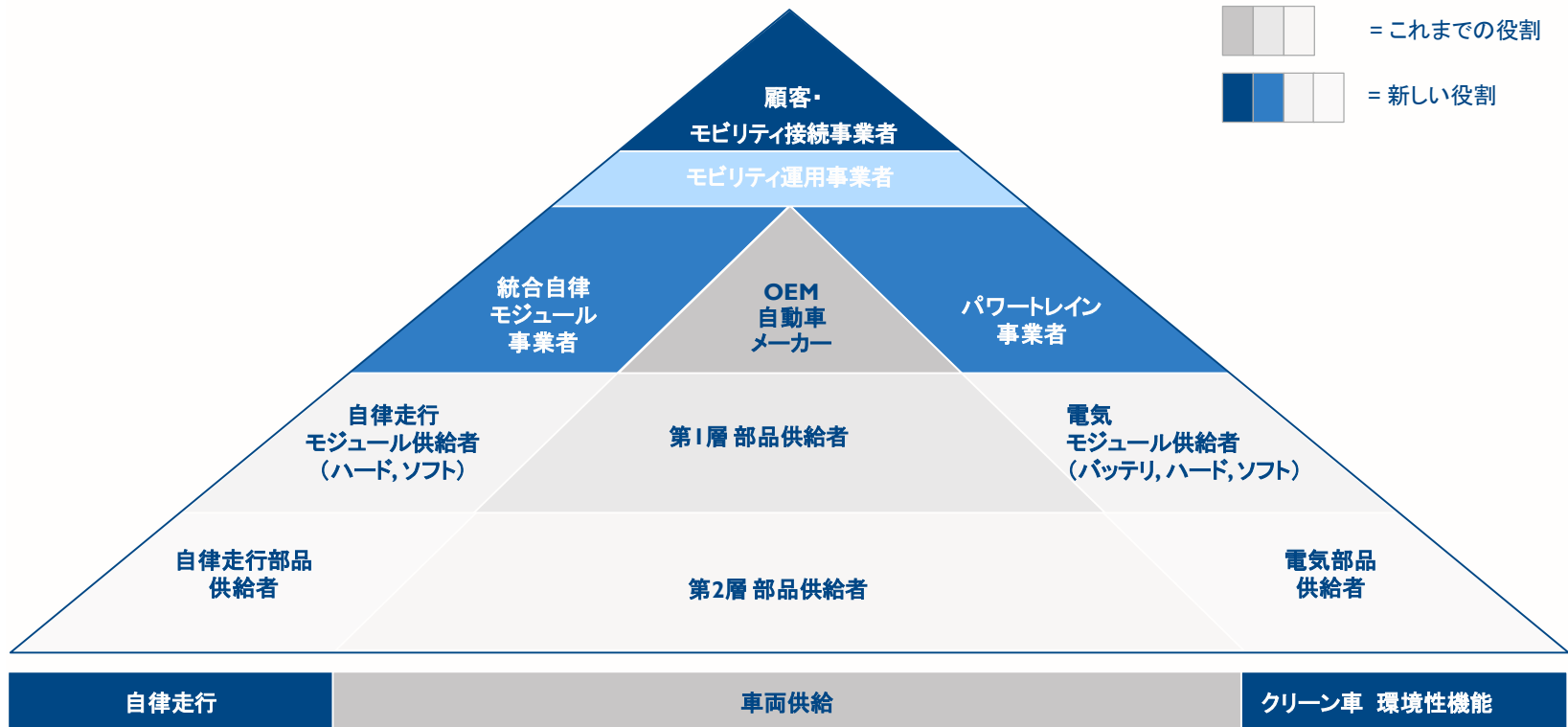
図 C 統合自律型モビリティ(EASI)のエコシステムーADLの見通し



出所: Arthur D. Little 2017

訳注: EASIは, 電気で自律走行し, シェアにより統合的形態でモビリティを提供するビジネスモデル。

図 D これからの自動車産業ピラミッド



出所: Arthur D. Little. 2017.2

4. 自動運転車時代の交通と社会

表4-1 AV時代の交通とその仕組み

交通と社会	活動様式と交通
・交通の仕方	ベース：自動運転で非常時など適宜人手に交代(レベル3)。完全自動(レベル4)では移動中に休憩・団らん・飲食・仕事など可。目的地 / 施設, 経路, 発着時刻, 速度など移動の自由度の向上・デマンド型ドア・ツードア・サービスで自動駐車、直前・移動中の変更 (last minutes travel choice) が可能。 ー共用 AV の使用(シェアリング)が主流。送迎交通は不要に。自家用 AV / 在来車の個別使用も。自家用 AV の 動的合乗り(自家用AVプーリング)も。有人公共交通はプロによる特別なサービス
・交通サービス	交通は各種移動手段を組み合わせる使う Mobility as a Service MaaS との認識へ(モノからコトへ) 交通事業の変化：レベル4ではプロ運転者は原則不要に(無人タクシー・バス、自動モビリティ・サービス) ー公共交通は無人運転ベース。市街地では無人相乗りタクシー的なイメージ。共用AVが新しい公共交通 ー在来型タクシーは非 AV 用, AV使用困難者・不適格時でのプロによる特別な輸送サービス用 ー物流は自動配送がベース(自動宅配):ドローンの使用も
・自家用と営業用	自家用と営業用の区別はシェアリングであいまいに。AVの共有・シェアリングが主流で新しい公共交通に ー自家用は在来車の“ニュー・クラシック・カー”や運転シュミレーター付のAV, 専用ファッショ AV (性能・使いやすさも個人別調整可, 外装・インテリアもパーソナル仕様可), 特殊機能 AV (移動式書斎・休息・隠れ家・サンクチュアリ, 工房 など)。一部, 自家用AVの動的シェアリング(相乗り)も

表4-2 AV時代の交通社会- 暮らしと交通(例示) -

移動の目的	活動様式と交通
・仕事 ・教育・学び / 通学 (含, 送迎)交通 ・買い物 ・診療 / 通院 ・リクレーション / その他私用 ・おでかけ / レジャー移動	自由度向上, 多様な従業形態(SOHO・在宅勤務・テレワーク, フレックスタイム制), いつでもどこでもシゴト可!(プラスか?): 通勤交通ー移動中での業務も いつでもどこでも学べる。自由度向上(学校, 通学手段などの選択性), 子どもの送迎交通は不要に 自由度向上, 品物の持ち帰りも容易に。買い物弱者は減少。品選びと購入の分離も。店舗機能と形態の変化(e-shopping など)。買い物トリップ総数・総距離の減少? 高齢化で重要性が増す。アクセスが容易に。総トリップ数・距離は増大? 派生需要型ー目的地でのレジャー, イベント参加, 会食などの活動が主目的。本源需要型も。いずれも移動の企画・調達は自前が主流に。車内で多様な活動可。リアルタイム情報で直前・移動中変更も可。 主に本源需要型ー健康, 気分転換, 散歩(ペットなど同伴)での時間消費活動。車内で読書・おしゃべり・飲食・休養・ゲームなども。途中で買い物・飲食・イベント参加・趣味活動・会話などで立ち寄り。いつでも好きな時にどこへでもお出かけ可能。回数, 総人・キロは増加ーコスト次第だが。

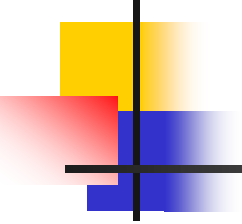


都市交通行政でのAVの受けとめ方 ー全米都市交通担当官協会NACTOの考え方ー

自動運転車AVについての政策対応ー考慮事項

AV(レベル4)は破壊的な技術であるが、安全・モビリティ・土地利用・都市環境に広範な影響を与えることから街路と政策の見直しの好機。以下を考慮して対応を：

- ▣ すべての街路利用者にとっての安全性(歩行者, 自転車, 公共交通・AV利用者など)
- ▣ シェアして使う自動電気自動車の推進(環境改善)
- ▣ コミュニティの将来ビジョンへの貢献
- ▣ 通行空間の利用バランスの回復(自動車用スペースを減らし, 他へ)
- ▣ 公共交通の支援(費用効果的, オンデマンド型に)
- ▣ すべての人のモビリティ改善

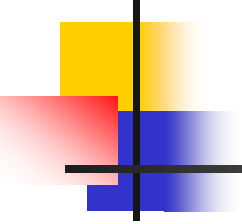


NACTOの交通担当官(連邦・州・市)への勧告

- 安全性: 完全自動運転(レベル4)をベースに対応すること. 準自動運転は一般街路では危険であり排除を.
- 都市での街路と高速道路のさらなる整備は見直し: AVで交通容量拡大し既存施設で十分、新たな整備は不要のおそれ. (駐車場を含め)整備内容の再考を
- 市街地街路での安全な走行確保: AVの最高速度制限は25マイル/時に.
- AVについてデータの取得・利用のシェアリング要件: 安全・円滑な走行などのために必要. 交通流データの近代化を図り、民間のサービス改善にも資するようオープン化.
- 新技術に伴う破壊的影響の可能性を考慮して, 計画モデル(予測、評価など)の刷新: 特にAVの時間価値は在来車より80%以下との研究も. 2020年以降の予測時にはレベル4のAV普及を考慮した分析を.

表4-3 次世代”車”社会での都市と交通の展開

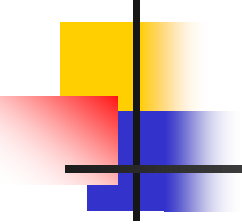
交通と社会	活動様式と交通
・都市形態 ・住宅地 ・都市部 ・都市の成長発展	都市街路網：幹線系は AS 車仕様, 非幹線系は在来車・徒歩・自転車等との共用, グリーン・イベント・遊びなどを含む交流・憩いの公共空間としてシェアードスペースに ☆スプロール・拡散市街地での居住も交通上はOK. ”居住環境地域”：(ブキャナン・レポート)はアーバンセルのスローゾーンに. 通過交通の抑制、速度低下と居住環境保全は容易に. ーインテリジェント・ゲートッド・コミュニティか？（格差拡大のおそれ） 都市内交通と都市間・全国・国際交通のマルチモーダル結節点、(新超高速, 大容量手段も) ー人々の交流拠点(ヒューマンスケールの公共空間) ー経済活動・社会活動の中心地, 都市の玄関口(ゲートウェイ) 成長発展・縮減プロセス：有機体・生物の成長からの示唆が有用？ ー細胞の集合が作る臓器(核, 拠点など)とそのつながり(血液・エネルギーの循環と血管系と交通網, AS 車は赤血球？)



自動運転により期待される効果(便益)

1. 安全性: 道路交通事故の削減ー運転時の人的ミス減少
2. 交通円滑化: 道路交通渋滞の減少, 時間信頼性の改善
3. 環境性: 道路交通騒音の減少, 排出ガスによる大気汚染の改善, 温暖化ガスの排出削減
4. モビリティ改善: 交通弱者(高齢者, 障がい者, 子供, 妊婦など)の移動性の改善, 健常者も(ケガ, 病気)
5. 間接的効果: 交通行動・ライフスタイルの変化, 産業・活動の時空間制約の減少(立地, ビジネスモデルの変化), 道路・駐車場などインフラデザインの簡素化・ダイエツトなど

前提: 情報マネジメント・電気エネルギー・シェアリング・セキュリティなどの関連ソフトインフラ(法制度, 保険など)の整備と適切な運営・経営システム



AV普及による事故削減効果の推定:

・道路交通安全への戦略的4Rとの関係

- ① Reduce car use: 車利用の抑制(啓発、代替選択肢) 効果?(+ & -)
- ② Reduce crash risk: 予防安全/衝突リスク削減 (適正速度、交通環境・周辺交通状況などの情報提供・操作支援、人的ミスなし) ◎
- ③ Reduce crash damage: 衝突安全/衝突障害の減少・救急活動 ○
- ④ Rehabilitation: リハビリ活動, 社会復帰 ○

・目標: ビジョンゼロー交通事故による死傷者0

・効果指標: 事故件数(障害レベル別, 類型別, AVレベル別等), 経済効果

・推定方法: 死傷事故件数 = (走行台キロ) × (事故率)



図表1 ビジョンゼロへの新しいアプローチ:戦略的総合交通安全システム

(4R: Reduce car use, Reduce crash risk, Reduce crash damage & Rehabilitation)

1. 平常時(事前)

移動時——車運転・同乗
他手段の利用

移動以外での道路使用
(散歩, 遊び, イベント)

①車利用抑制
(MM, 代替手段整備)

②予防安全
(教育, 技術, 指導取締り)

2. 事故時

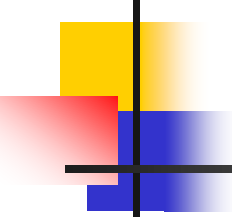
直前-衝突-直後

③衝突安全・救急活動
(外傷エネルギー管理,
死傷の軽減)・
(通報・救助, 救急医療)

3. 事故後

④リハビリ活動
(回復/PTSD医療,
社会復帰)

(フィードバック)



自動運転の効果の推定事例：道路交通事故

・事故削減の経済効果－オーストラリア Global Positioning Specialists 社 推定2015

1. 推定方法：

－経済効果 ＝（AVによる事故減少量） × （1件当たりの経済コスト）

－世界73ヶ国についてGDPベースで交通事故削減額（\$、%）を推定

－事故推定額対GDP比率（WHO Global Report on Road Safety 2015）を基に、AVによる事故削減効果を90%として推定

2. 結果：

－米国だけで年3060億ドルの削減効果. なお, 中国はデータ不十分で含まれていない. 対GDP比率で最高は南アフリカ7.8%, またフランス1.0%, オーストラリア2.1%.

図表2 AVによる道路交通事故削減効果－試算例

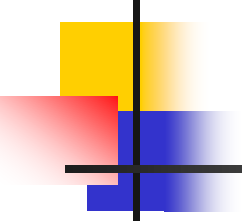
国	1.交通事故によるGDP損出額		2.自動運転車AVIによる事故損出額	
	1億ドル/年	%	1億ドル/年	順位
米国	3,410	1.90	341	1
インド	622	3.00	62	2
日本	<u>536</u>	<u>1.30</u>	<u>54</u>	<u>3</u>
ドイツ	403	1.20	40	4
ロシア	345	2.60	34	5
英国UK	285	1.00	28	8
インドネシア	267	3.10	27	10
オランダ	166	2.20	17	16

注1.GPS社による推定結果を基に維持・作成。

2.世界73ヶ国についてGDPベースで交通事故削減額を推定

3.事故推定額対GDP比率(WHO Global Report on Road Safety 2015)を基に、AVIによる事故削減効果を90%として推定

4.結果:米国では年3060億ドルの削減効果。なお、中国はデータ不十分で含まれていない。対GDP比率で最高は南アフリカ7.8%, またフランス1.0%, オーストラリア2.1%..



自動運転の効果の推定事例：道路交通流

自動運転車の普及率(レベル別)による交通流改善効果

－英国交通省の研究：Atkins社(2016年)

出典：Atkins, Research on the Impacts of Connected and Autonomous Vehicles (CAVs)
on Traffic Flow Summary Report, May 2016.

- ・研究方法－VISSIM 8を用いたマイクロシミュレーションによるモデル分析, 指標は平均遅れ時間・平均旅行時間とその変動
－運転行動(追従・車線変更・加減速), 外部とのつながり, 普及率をさまざま変えて分析
- ・対象道路網－戦略的道路網SRN(高速道路, A種幹線国道－インター, 合分流を含む), 幹線都市道路(信号交差点, 横断歩道, 公共交通専用区間を含む)
- ・普及シナリオ－技術進歩(レベルⅡ－Ⅳ)と社会的受容性を考慮し、25%、50%、75%、100% (レベルⅣ 20%、100%の2ケース)の普及率を設定
- ・結果(図表3, 図表4)－都市部で効果大, 低普及率でも改善効果が大きい. 特に時間信頼性の改善は需要が少ない状況でも効果有り. SRNでは遅れ時間の改善は潜在的には40%強と大. 普及率が高くなると効果が高まるが、当初は交通流悪化も.

自動運転の効果推定事例：自動車交通流

図表3 AVによる交通流改善（都市部ピーク時）－Atkins社（2016）

シナリオ (AV普及率)	平均遅れ時間		平均旅行時間		旅行時間変動SD	
	秒	%	秒	%	秒	%
ベース(現状)	65.91	-	277.78	-	88.38	-
(1)25%(20:5:0)	57.70	-12.4%	219.52	-21.0%	19.74	-77.7%
(2)50%(35:10:5)	54.44	-17.4%	205.35	-26.1%	10.01	-88.7%
(3)75%(50:15:10)	51.89	-21.3%	198.72	-28.5%	7.24	-91.8%
(4)100%(40:20:20)	48.02	-27.1%	192.64	-30.7%	6.00	-93.2%
(5)上限(0:0:100)	46.36	-29.7%	184.25	-33.7%	5.71	-93.5%

注1. シナリオのAV普及率はレベルⅡ, Ⅲ, Ⅳの合計%。カッコ内はこの3レベルの内訳%。

2. 交通流のマイクロシミュレーションより, 高速道路と都市部についてピーク時・オフピーク時で推定。

出所: Atkins, Research on the Impacts of Connected and Autonomous Vehicles (CAVs) on Traffic Flow, May 2016.

自動運転の効果推定事例：自動車交通流

図表4 AVによる交通流改善(戦略的道路網SRN ピーク時)－Atkins社(2016)

シナリオ (AV普及率)	平均遅れ時間		平均旅行時間		旅行時間変動SD	
	秒	%	秒	%	秒	%
ベース(現状)	35.84	-	539.79	-	20.17	-
(1)25%(20:5:0)	36.17	+0.9%	538.49	-0.2%	19.38	-3.9%
(2)50%(35:10:5)	33.39	-6.8%	533.62	-1.1%	17.65	-12.5%
(3)75%(50:15:10)	29.77	-16.9%	527.72	-2.2%	15.33	-24.0%
(4)100%(40:20:20)	23.72	-33.8%	517.77	-4.1%	10.52	-47.9%
(5)上限(0:0:100)	21.38	-40.3%	479.29	-11.2%	9.14	-54.7%

注1. シナリオのAV普及率はレベルⅡ, Ⅲ, Ⅳの合計%。カッコ内はこの3レベルの内訳%。

2. 交通流のマイクロシミュレーションより, 戦略的道路網(高速道路、A種幹線国道)についてピーク時・オフピーク時で推定。

出所: Atkins, Research on the Impacts of Connected and Autonomous Vehicles (CAVs) on Traffic Flow, May 2016.

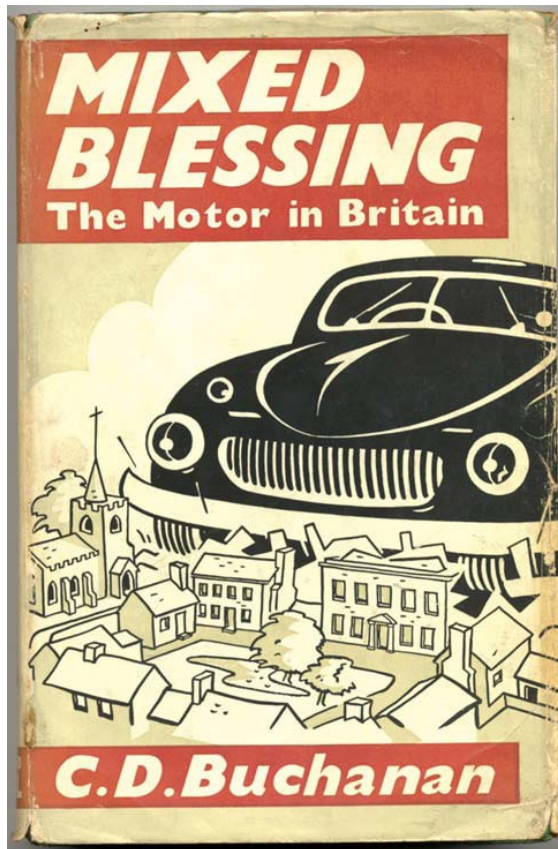
自動運転車AVへの対応：都市交通計画での対応理論

『都市における自動車交通(ブキャナンレポート)』(1963)でのブキャナン原則

- ① 道路の機能別階層構造化(体系的なアクセス確保)：在来車との混在期・地域では、機能別階層化は必要。交通運用の高度化、効率化、安全化で道路・駐車場の簡素化・ダイエットが可能
- ② 居住環境地域(居住環境の保全)：通過交通の進入防止、地域内では居住環境を重視し、低速度化は在来車でも低コストで可能に。なお、インテリジェント・ゲイテッド・コミュニティとして、ICT技術による侵入規制が可能。
* 注意点：格差助長、社会的分断に注意。聖域都市(高所得者のsanctuary ?)
- ③ 道路・沿道施設へのインフラ投資(アクセスと居住環境の両方を改善可)：人々の優先順位はアクセスで失敗(ブキャナンの回顧)。AVではハードよりも、ソフトインフラの整備が重要(法制度・規制、管理体制—交通法規・免許制度・保険制度、データ活用の仕組み、高精度地図、ハッキング対策等)

参考： 英国のブキャナン・レポートの考え方(1)

・The Buchanan Report (HMSO,1963)



▶ 1958

Car : “The beloved monster” ⇒ 2013 Even, today? YES.

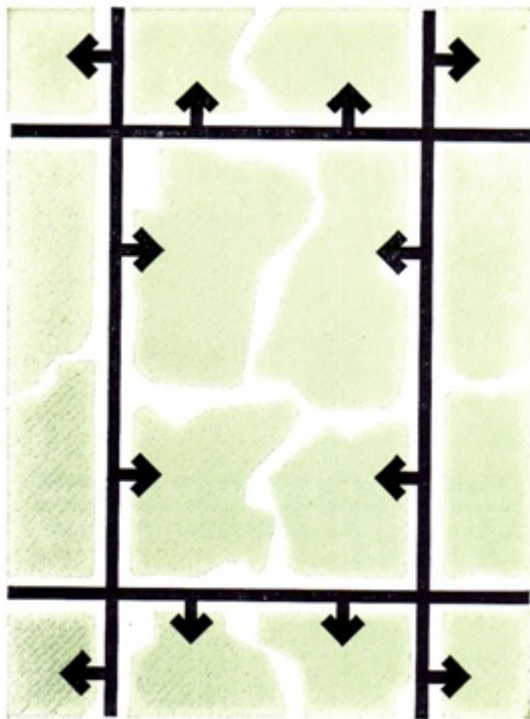


▶ 1963

ブキャナン・レポートの続き (2)

• The Buchanan Principles

- Clear separation of urban rooms (environmental areas) from corridors (distributors)
- Functional hierarchy of urban distributors
(Primary, District and Local distributors, and access roads)
- The balance of Accessibility, Environment and Costs (3 Key Factors)

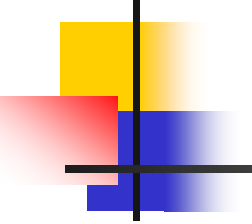


▶ a. Urban rooms
and corridors



▶ b. Environmental areas
and distributor system

- Primary distributors
- District distributors
- Local distributors
- Environmental area boundaries



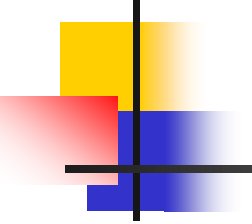
自動運転車の社会的影響－1

1. クルマ(在来車とAV)の交通総量(台km)は増えるか? Yes, But...

- ・安全性・利便性の改善により移動回数・距離が増加
- ・新しい使い方(送迎不要、活動時空間選択の柔軟化・遊牧民化など)、交通弱者(高齢者・障がい者・病弱者・妊婦・子供づれなど)の単独使用などで増加
- ・バス・鉄道との連携(ラストワンマイル・アクセス補完、MaaSなどマルチモード移動体制)、既存手段(車・タクシー・バス・徒歩・自転車)からのシフトで減少?
- ・AVの空車走行(待機・ウロツキ, 充電・駐車場への移動)
- ・交通流の円滑化、目的地・経路・移動時刻選択の最適化で減少

さまざまな可能性があり、AVとその交通システムのサービス特性、特に価格次第でAV交通量は増減。
中長期的には次世代の環境意識・価値観、居住地選択、活動の立地選好、都市形態の変化と連動。

⇒ 本源的需要としての交通は増加するが、クルマ交通全体としては減少か?



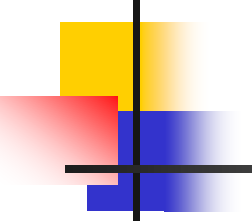
自動運転車の社会的影響－2

2. インフラ整備はどうなるか？

- 道路ニーズ：需要(台km)は減少．ITS技術・AV普及で道路・交差点の有効利用-容量増 ⇒既存道路網で量的に収容可．新設不要．道路ダイエット・社会空間化が進む．駐車スペースの大幅削減可(附置義務不要も)

註． 整備効果の経済評価手法の改善： 乗車中の仕事などで交通時間価値はプラス．時間節約価値の減少で道路投資の純便益の減少．

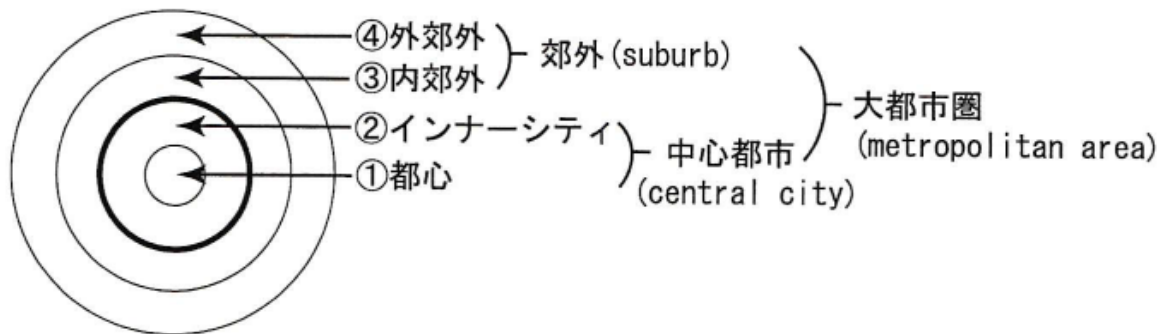
- 新しいニーズ：充電施設，AV保管・待機・保守・充電用スペース，スマートストリート関連施設(路上インターネット キオスク，Wi-Fiバス停，無料スマホ充電，MaaS接続)，道路・交差点などの整序化再点検(標識・表示のAV親和性，標準化，簡素化)



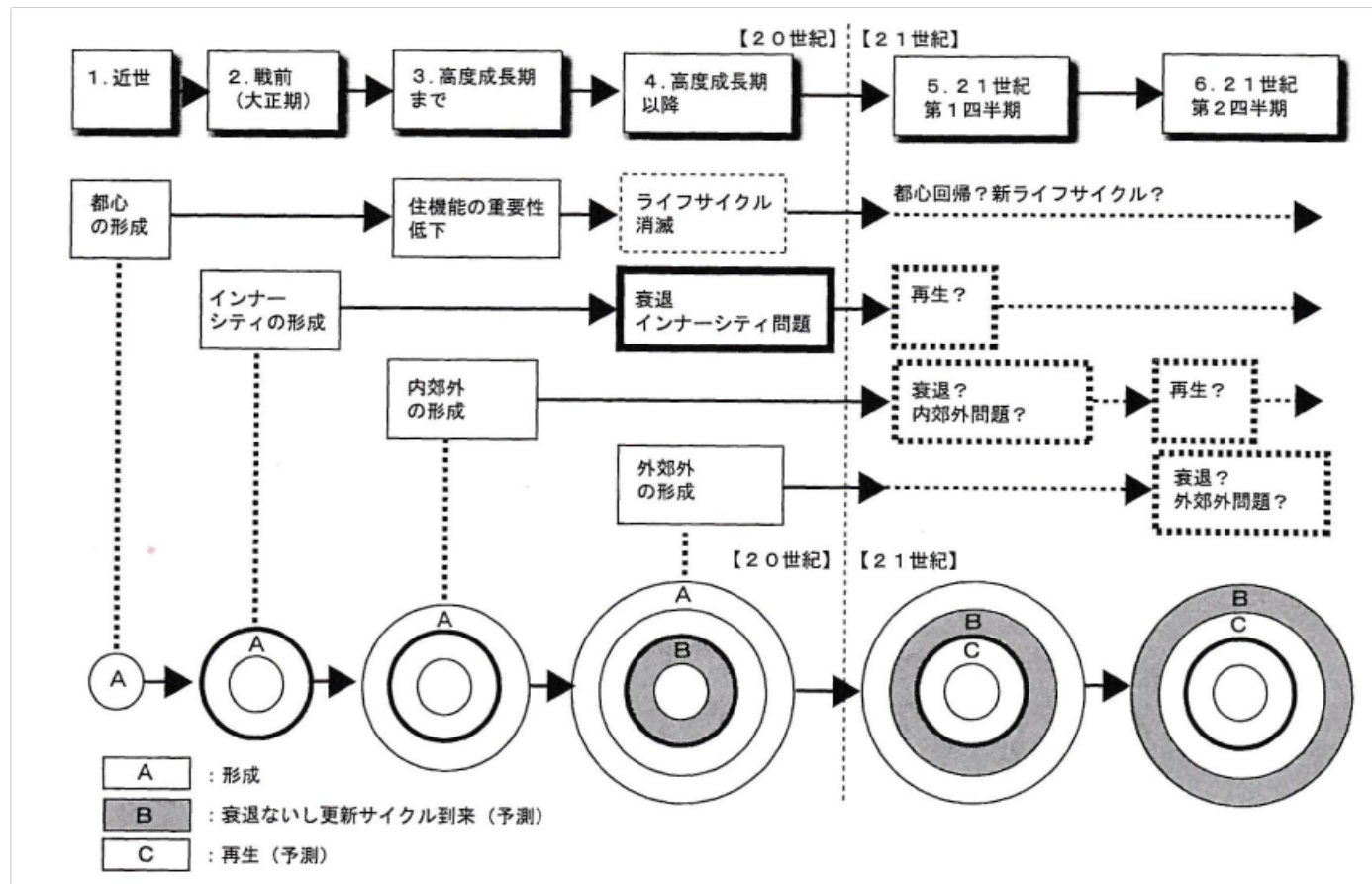
自動運転車の社会的影響－3

- 3. 都市の発展形態の変化(AVの都市発展レイヤー?)
 - 途上国:都市化進行地域(人口増)でスプロール助長?
 - ・移動の抵抗が小さくなり、職住の立地自由度が増加
 - ・生活圈・施設の誘致圏が拡大 * 30分圏仮説?
 - 交通以外の立地要因(生活環境、社会関係資本、コミュニティ力など)、新開発のコスト、立地選好の多様化で集住
 - 人口減少・高齢化進展地域ではコンパクト化に逆行?
 - ・中山間地域等の公共交通貧困地区での居住継続可
 - 健康、社会的交流重視などで‘歩いて暮らす’志向
- ⇒ 経済効率主義から持続可能性への価値観の変化などで
漸進的都市縮小/拡大・再構成が主流(期待)

都市の発展形態： 大都市圏の4帯モデル(小長谷)



都市のライフサイクル仮説(小長谷)



現在の自動車都市 -徒歩・公共交通・車の積層-

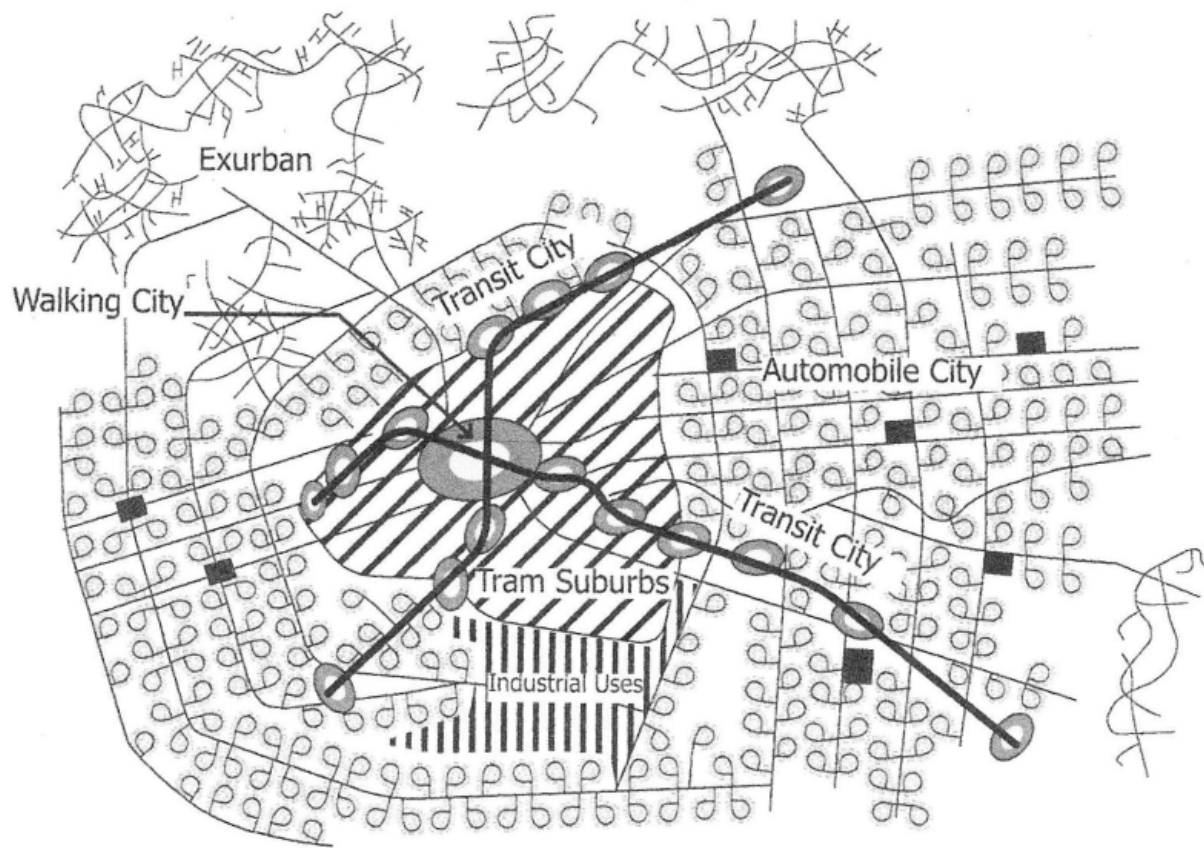


Figure4.1 The Automobile City: A Mixture of Three City Type. Source. Newman and Kenworthy(1999)

図表 現在の自動車都市－徒歩・公共交通・車の3タイプ混成

都市の空間構造

—K&Nの都市レイヤー(徒歩・公共交通・自動車)

Overlap of Three Urban Fabrics

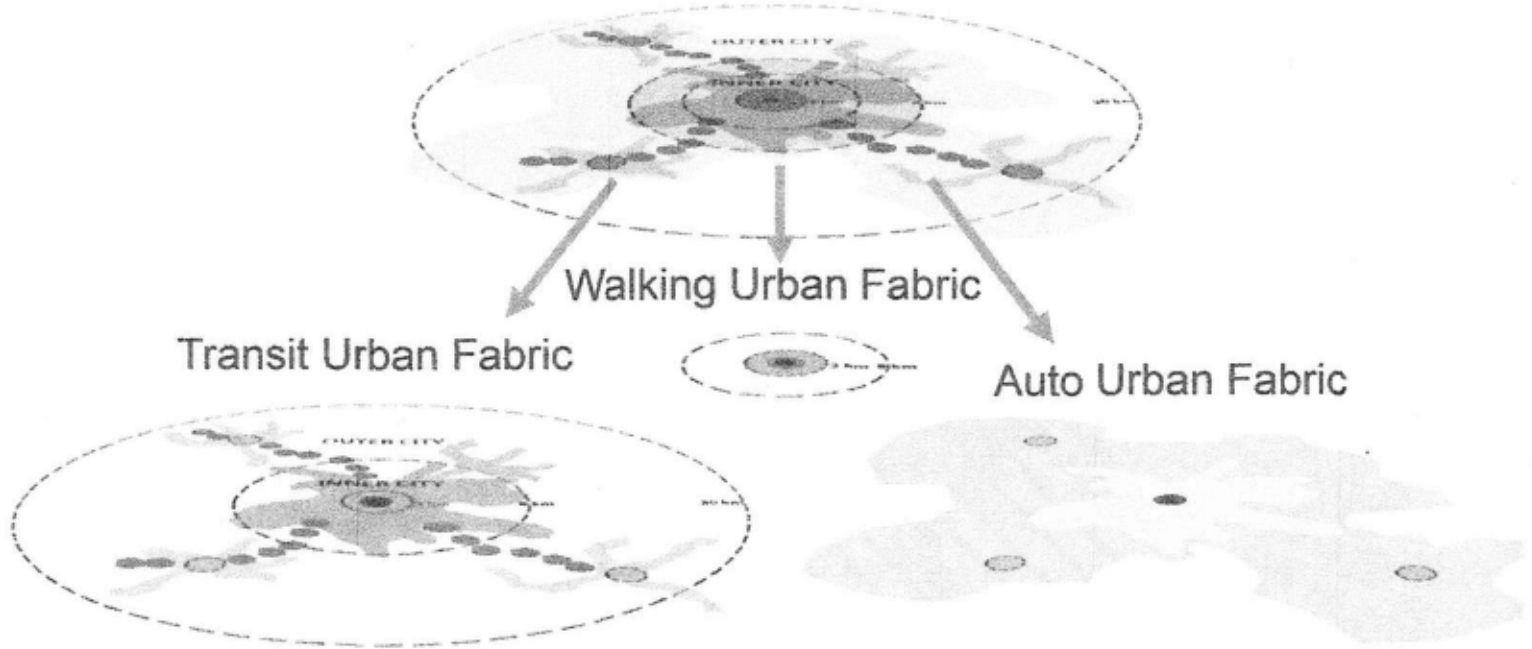
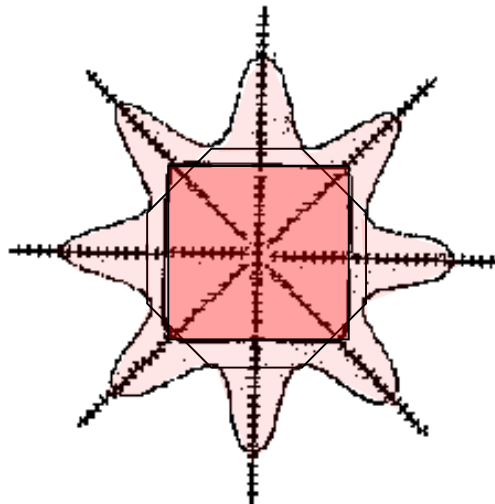


Figure4.2 The automobile City, Transit City and Walking City
Source. Newman and Kenworthy(1999)

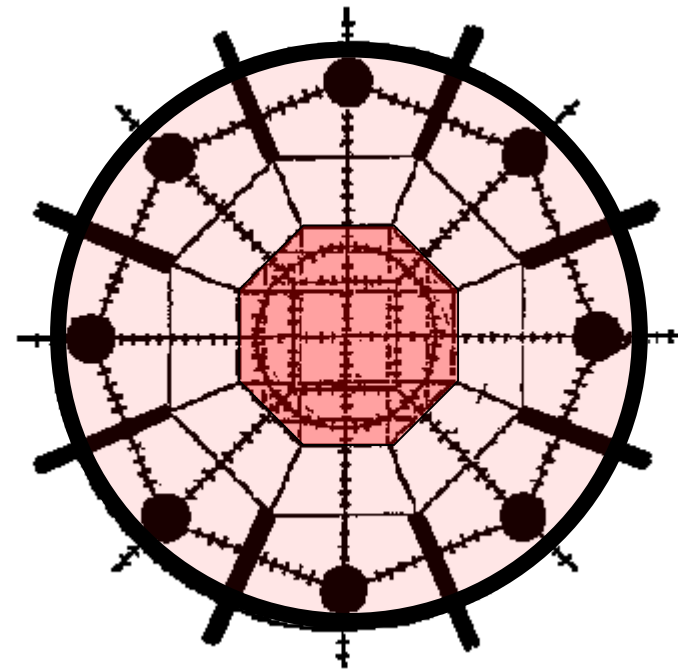
図A 大都市の発展プロセス(イメージ)



A : 歩行都市



B : 鉄道都市



C : 鉄道+高速道路都市

凡例

— 高速道路

— 幹線道路

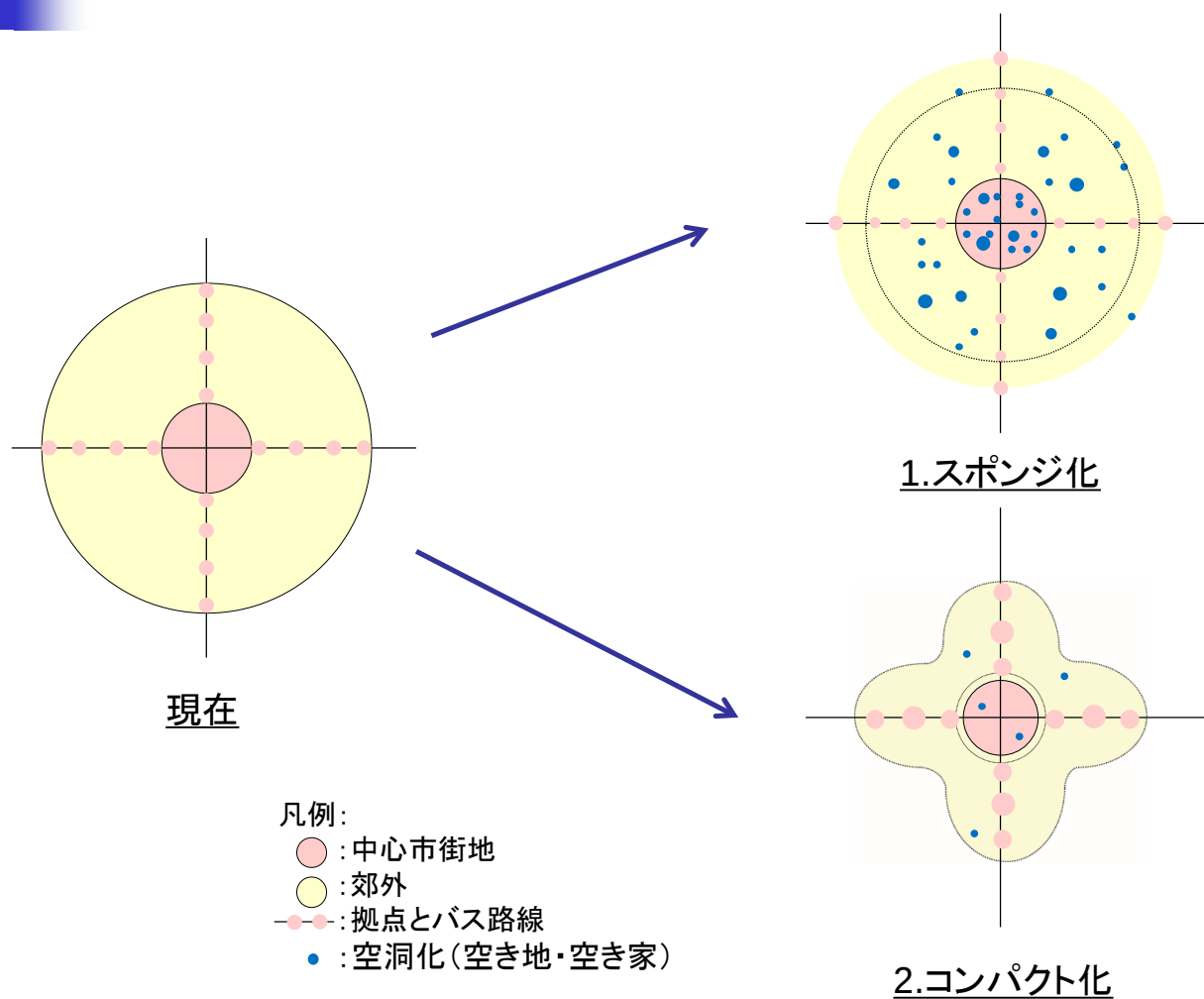
● サブセンター

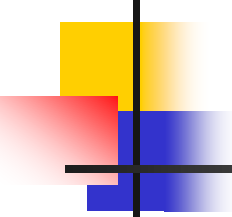
■ CBD
(中心業務地区)

○ 市街地

図 今後の都市発展イメージ:

人口減少と市街地の縮退(1. トrend、2. 賢い縮退)





参考：トムソンの都市交通戦略－1

J.M. Thomson, Great Cities and Their Traffic, Victor Gollantz 1977
トムソン「大都市の交通問題」(訳) 運輸と経済 1979.6

・都市構造を決定する4要因

①地形・気象 ②交通アクセス性 ③開発規制・計画 ④歴史

・戦略の基本的要素

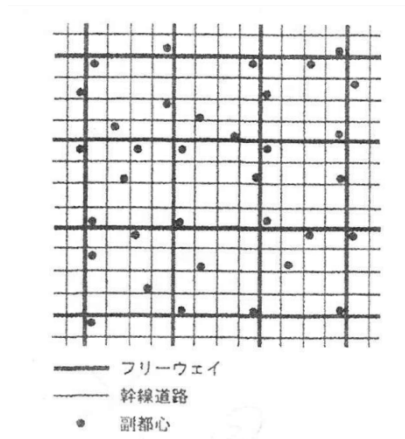
①道路網 ②公共交通機関 ③土地利用 ④システム管理(土地開発規制, 交通規制)

・プロトタイプ:5タイプ(200万人以上)

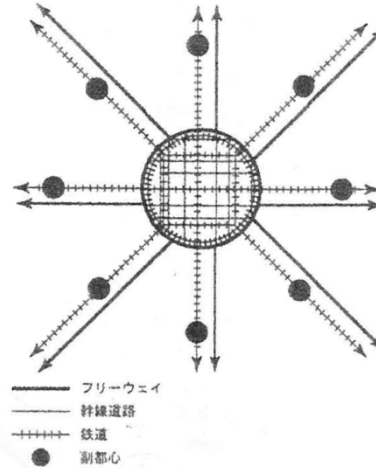
タイプ	①道路	②公共交通	③土地利用	④システム管理
1 完全自動化	格子状	バス	分散	(車による自由なアクセス)
2 弱い都心	放射・環状	通勤鉄道	弱い都心, サブセンター	
3 強力な都心	放射・内環状	放射鉄道網・都心高密網	強い都心	
4 低コスト	一般道路	バス(路面電車)	分散 (副都心)	(徒歩距離内に高密)
5 自動車交通制限	放射・外環状 (都心は一般街路)	強力なネットワーク(放射・環状鉄道)	強い都心	車利用の制限(中心部)

トムソンの都市交通戦略－2

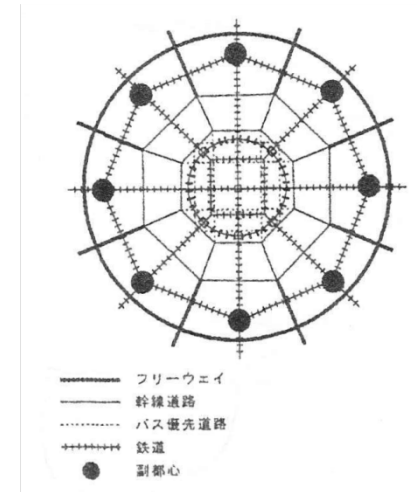
①自動車化戦略



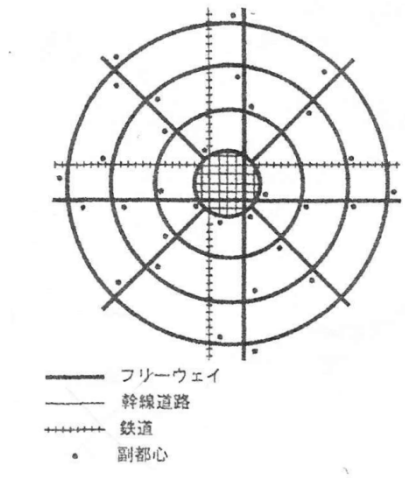
③強都心戦略



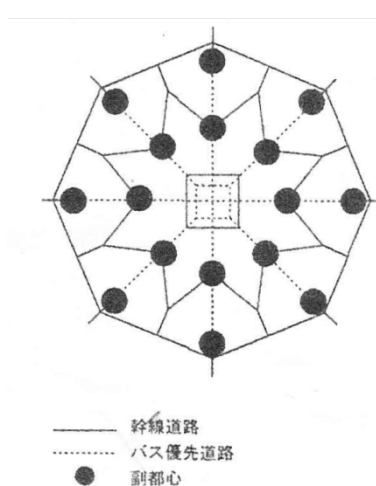
⑤自動車抑制戦略



②弱都心戦略



④低コスト戦略



都市センター構成と主要交通手段による分類 — トムソンの大都市5類型 —

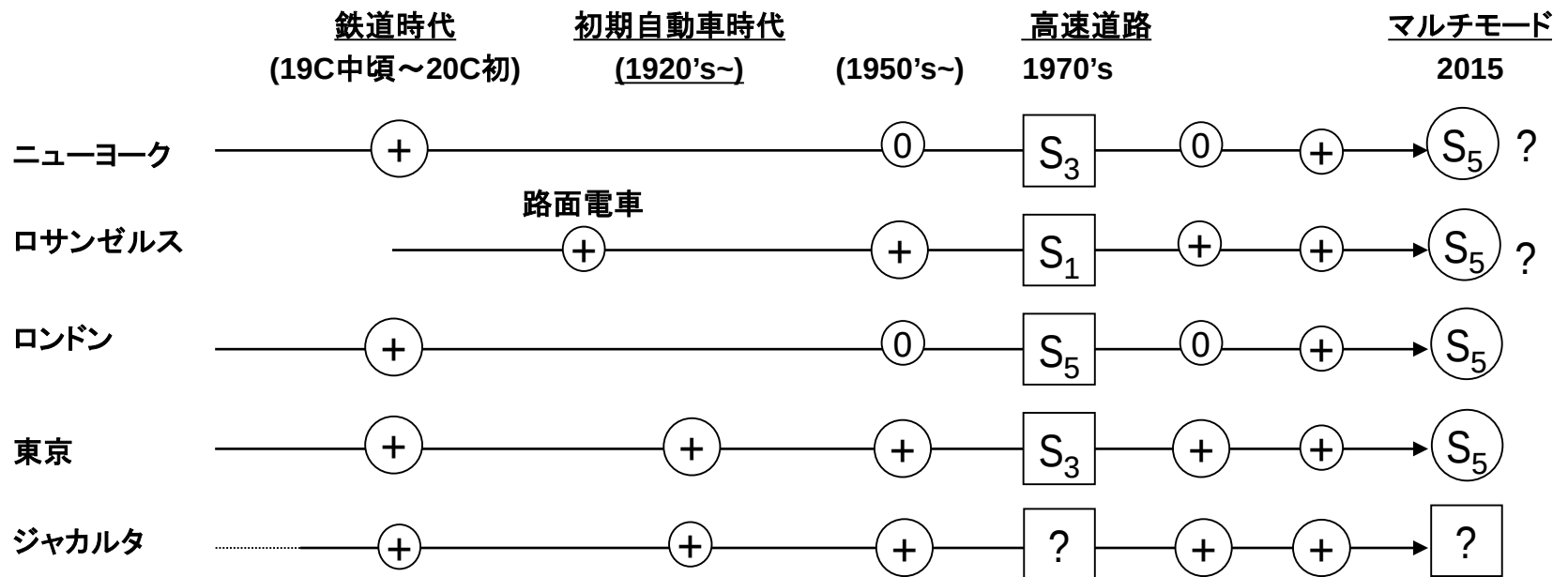
A: 都市空間構造(センター配置, 密度)

B: 基本交通システム(鉄道・高速道路/自動車・低コスト公共交通)

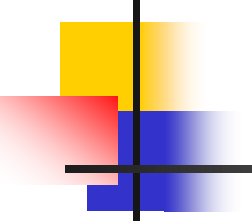
A \ B	B	B1大量輸送機関	B2中量輸送機関	B3高速道路
		(鉄道)	(LRT・バス)	(自動車)
<u>A1 単一センター</u> M+C		S ₃ : 強都心	S ₅ : 自動車抑制	
<u>A2 多核</u> (階層化) M+S+C			S₂: 弱都心 S₄: 低コスト	
<u>A3 分散</u> (均一) S+C				S ₁ : 完全自動化

注: M, S, Cは主要センター, サブセンター, コミュニティセンター。

図B. 大都市の動的発展プロセス — トムソン仮説の解釈 —



注： ⊕, ⊙, ⊖, 人口の増加・安定・減少を示す
 S_i ($i = 1, 2, \dots, 5$) トムソンの大都市5類型



5. 交通の新世紀：明日に向けて

- 自動運転車による交通サービス：Game Changer としてのAV

急激かつ多様で広範な展開と社会変革が予想される。より広範な視点から、その進化に合わせて、今から検討・準備が必要

ー現在の車社会がどう変化するかではなく、AVとその関連技術を用いてどのような社会、理想的な交通社会を目指して進むかが問われている。

ークルマの専門家・関係者だけでなく、都市計画・まちづくり、環境・健康などの専門家、一般市民など多様なステークホルダーの参画と共創を

Decide and Act Together !

- 主要参考文献
1. W.J,ミッチェル他,『”考えるクルマ“が世界を変える』, 東洋経済新報社, 2012
 2. 太田勝敏,「自動運転が拓く明日の交通社会を変える オートサピエンスの“素晴らしき新世界”？」
交通工学, 50巻2号, 2015年4月.
 3. 太田勝敏,「自動運転車時代の交通とその社会」, IATSS Review, 2015.10.
 4. 太田勝敏,「自動運転と交通まちづくり」, 自動車技術, 2017.1.
 5. 太田勝敏,「自動運転時代の都市と交通を考える」, IBS Annual Report研究活動報告 2017.