

スマートシティはこだて：交通網デザイン

Smart City Hakodate: The Design of Transportation Systems

中島秀之*¹ 白石陽*¹ 松原仁*¹ 野田 五十樹*²
Hideyuki Nakashima Yo Shiraiishi Hitoshi Matsubara Itsuki Noda

*¹公立はこだて未来大学 *²産業技術総合研究所
Future University Hakodate AIST

We have a project for Smart City Hakodate. The goal is to design and implement IT support systems for new and better urban life, that is realizable through intensive use of IT. In this article, we focus on a design of the public transportation system center-controlled by a computer system called Smart Access Vehicle System.

1. スマートシティはこだて

「スマートシティはこだて」とは、函館圏を対象とした情報技術の適用により、街の様々な活動やサービスを有機的なシステムとして統合し、全体として住みやすい便利な街の構築を目指すものである [中島 11]。本稿ではこのうち交通網のデザインに焦点を当てる。

公共交通網をコンピュータで集中制御にすることにより通常時の利便性はもとより、雪や交通渋滞などの突発的な状況に強いシステムとなる。さらに地震や洪水などの災害時にも臨機応変に対応できる。我々の提案する交通システムを「スマートアクセスビークル」システム (Smart Access Vehicle System. 以後車両は SAV, システムは SAVS) と呼んでいる。

先の東北大震災では道路網の切断などで交通がマヒし、しかもその状況把握に時間を要した。ここではカーナビから収集した走行実績データから道路の通行可能性を推定するシステムが有効であった。走行実績データは、2000 年代に入ってから自動車メーカーおよびカーナビ各社でシステム構築・データ収集が始まり、ルート探索などのサービス改善の鍵として活用されている。災害時における利用は 2007 年の中越沖地震の際、防災推進機構が中心となって本田技研工業 (株) から提供されたデータをもとに「通れた道路マップ」 [防災 07] を提供したのが始まりである。これが発端となり、2011 年の東日本大震災においては直接の情報提供という形で広がり、被災地における交通状況把握に活用された。

支援物資の到着時刻の推定や配送計画策定のためには、各道路の通行可能性だけでなく渋滞状況や平均速度が必要となる。コンピュータによるカーナビ情報の集中管理によりその精度は更に向上するものと考えられる。そのため、SAVS は将来の災害時の有機的な交通網確保の有力な手段としても期待できる。

2. フルデマンドバスの現状

公共交通の改善策の一つとして、従来より多くの自治体でデマンドバスが試験的に運行されている。これは、予め申し込んでおくことにより路線バスが家の近くまで来て病人やお年寄りをピックアップしてくれることを想定したサービスである。台数規模が小さいため、運行範囲を限定することにより実用性を確保しているものの、路線の自由度や稼働範囲が狭いという問題がある。

一方、ごく少数の自治体で「フル」デマンドバスという、固定路線や固定ダイヤを全く持たない新しい方式も試されている

が、大規模な実用化は行われていない。2000 年頃の高知市におけるフルデマンドバスの実証実験は失敗に終わり、大都市には向かないという結論であり、隣の中村市など限られた小都市で運行されているに過ぎない。

しかしながら、筆者らによるフルデマンドバスのシミュレーションで、ある程度大きな都市では現在のバスシステムよりは路線・ダイヤを全く持たないフルデマンドバスの方が有効であることが確認されている [太田 02, Noda 05, 野田 08]。高知県の失敗は 1 台のバスのみをフルデマンド運行したことに起因することが判明している。つまり、都市バスの少数一部だけをフルデマンド化した場合、普通の路線バスより効率が落ちることがシミュレーションより明らかになっている。都市内全てのバスを一気にフルデマンド化する必要がある。また、都市が大規模である程ほど効率の良い運行が可能になることがわかっている。

また様々な自治体で試みられているデマンドバスは人手によるサービスが中心で、コンピュータによる集中制御はあまり広まっていない。東大が柏でコンピュータシステムによる運行管理者の補助を行っている [大和 09] のがほぼ唯一の例外である。またこれらのオンデマンドバスシステムは (東大を含め) 事前 (前日) 予約を基本としている。

我々が提案する SAVS は以下の特徴を持つ：

- 事前予約を前提とせず、乗りたいときにバスを呼び出す
- 実時間でバスルートを設定・管理する
- 小数量を限られた地域で運行するのではなく、町中の公共交通機関 (バスとタクシー) 全体を集中制御する

SAVS の効率的な運用のためには、都市内の交通混雑状況を把握し、所要時間を正確に見積もることが必要である。様々な交通情報の入手が考えられるが、将来的には都市内の自家用車にも協調型カーナビ [Yamashita 05] を搭載し、都市の全交通をシミュレートすることにより高精度の混雑予測が可能となる。

つまり、SAVS の成功要因には以下の条件がある：

- 大量の車両を投入すること。これは待ち時間を含む各乗客の移動時間を減少するために必要である。
- 実時間のルート制御ができること。(同上)
- 大量の乗客 (デマンド) が存在すること。これは採算性のために必要である。

これらの条件が揃えば現在のバスより効率の良い公共交通機関が提供できることになる。

3. SAVS の実装

3.1 仕組

数百台から数千台の都市内公共交通（バスとタクシー）をコンピュータネットワークを通じて集中管理する。そして、これらをデマンドに応じて最適配置するというのが基本構想である。コンピュータシステムが最適計算をすることにより、適切な配車をするため、バスとタクシーといった区別がなくなる（この理由により「フルデマンドバス」という用語を避けている）。様々な定員の車両を用意しておくことにより、デマンドが少ない地域では小型の、デマンドが多い地域では大型の車両を使うことにより最適化が図れる。

運行主体はすべての車両の現在位置と運行予定ルートを把握しており、それらの車両の中から呼び出しに最適の1台を選んで、そのルートを調整し、利用者にバスが利用者を乗せる時刻と、目的地への到着予想時刻（時間の幅は存在する）を告げる。利用者がこれを受け入れた時点で契約が成立する。運行中に他の利用者から更なる新たなデマンドが発生する可能性があるため、目的地到着時刻はあくまでもベストエフォートによる期待値でしかなく、保証はできないが、しかし一方で、この見込みが大幅にずれ込むような外れることがあってはサービス全体の信頼性にかかわるので、5分から10分程度の遅延に抑えておく必要がある。

3.2 車載システム

各 SAV は中央システムからルートの指示を受け、それを車載カーナビ画面に表示し、ドライバーを誘導すると同時に SAV の現在位置を中央システムに常時通報する。また IC カードにより乗客の乗車・降車を確認する。この情報を中央システムに通報することにより、例えば乗客の到着予想時刻を目的地の病院に伝える等、他のサービスとの連携^{*1}が可能となる。

SAV 車載システムとして、以下の装置が必要である：

- 通信機能を持つカーナビシステム
 1. SAV の位置情報を中央システムにアップロード
 2. ルート情報をダウンロード。次の乗客の乗車あるいは降車位置が目標地点となる。この情報に基づいてドライバーが SAV を運行する。
 3. 乗客情報（ID のみ）をアップロード
- ユニバーサル IC カードリーダー。カードの固有 ID のみを読み取る。

中央システムと SAV との通信には携帯電話回線を利用することを考えている。IC カードについては固有の ID だけのみの必要で、チップに格納されている個人情報が必要としない（プライバシー保護のため、読みとれない仕様であることが望ましい）。従って SUICA など FeliCa 規格の一般の IC カードが利用でき、SAV システム用に別のカードを携帯する必要がないのが利点である。

*1 バスや他のサービス提供主体はそれぞれ独自に顧客情報の管理を行う。両者の間の通信はカードの ID 番号のみであり所持者の個人情報には含まれない。

4. シミュレーションと実証

フルデマンドバスの有効性は、一般論としてはシミュレーションで確認済みであるが、実際の都市のパラメータを使った再検証が必要である。まず、函館における現状の公共交通利用状況を詳細に調査し、函館地域の交通状況を反映したシミュレーションによって SAVS の有効性を検証するとともに SAVS を運行する場合の効率の良いパラメータ（必要台数の計算や固定路線との効率の比較など）を計算する。既存の交通シミュレーションシステムを活用したシミュレーション手法を確立し、SAVS の利便性、採算性を評価する手法を構築することが必要である。

上記のシミュレーションを受けて、運用手法として、移動のデマンドが集中する地域や時間帯を分散化させる手法を構築する。移動のデマンドは、利便性とコストの関係に依存して生じる。理想的には移動デマンドを捌く処理のための最適運用手法が存在するものの、全ての利用者にとって納得のいく、つまり Nash 均衡解であるとは限らない。それを解決する方法の1つとして、デマンドの一方的な集約ではなく、利用者に集約結果としての利便性とコストをフィードバックする、協調的ナビゲーション [Yamashita 05] の手法を適用する。また全ての車の位置情報を管理する協調的ナビゲーションを一般の車にまで拡張することにより、都市内の渋滞緩和ができる他、SAVS の効率的運行ルートの計算の精度も向上する。

そのデザインに基づきタクシー and/or バス数台による試験運行を行う。現在、NPO スマートシティはこだての立ち上げが完了した。近隣の町より協力要請があり、実証実験を準備中である。

参考文献

- [Noda 05] Noda, I., Ohta, M., Kumada, Y., Shinoda, K., and Nakashima, H.: Usability of Dial-a-Ride Systems, in *Proc. AAMAS 2005*, pp. 1281–1282 (2005)
- [Yamashita 05] Yamashita, T., Izumi, K., Kurumatani, K., and Nakashima, H.: Smooth Traffic Flow with a Cooperative Car Navigation System, in *Proc. AAMAS 2005*, pp. 478–485 (2005)
- [大和 09] 大和 裕幸, 柳澤 龍, 稗方 和夫, 杉本 千佳, 坪内 孝太, 飯坂 祐司: オンデマンドバス運行管理ログを用いた知識抽出システムの構築, 知識・技術・技能の伝承支援研究会資料 SIG-KST-2009-02-01, 人工知能学会 (2009)
- [太田 02] 太田 正幸, 篠田 孝祐, 野田 五十樹, 車谷 浩一, 中島 秀之: 都市型フルデマンドバスの実用性, 情報処理学会高度交通システム研究会研究報告 2002-ITS-11-33, pp. 239–245, 情報処理学会 (2002)
- [中島 11] 中島 秀之, 白石 陽, 松原 仁: 「スマートシティはこだて」の中核としてのスマートアクセスビークルシステムのデザインと実装, 観光情報学会誌, Vol. 7, (2011), 発行予定
- [防災 07] 防災推進機構: 通れた道路マップ (2007), <http://admire.jpn.org/toretamap/070716ToretaRoadMap.html>
- [野田 08] 野田 五十樹, 篠田 孝祐, 太田 正幸, 中島 秀之: シミュレーションによるデマンドバス利便性の評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 1, pp. 242–252 (2008)