

OS-21 「ビッグデータと AI」招待講演
Invited talk on OS021 "Big Data and Artificial Intelligence"

交通システムの課題解決におけるデータ活用の現状と将来展望
Current state of the use of data in solving the problems of the transportation system and future outlook

橋口 典男*¹

Norio Hashiguchi

富士通株式会社

Convergence Technology Business Unit, Fujitsu Limited.

The human race has gained significant experience with the development of the transportation system. However, we also generated various problems at the same time, from the mid-1990s, they have been referred to as "negative legacy of the transportation system", are classified as "accidents, congestion, environmental degradation" to. The economic loss as well, and those that degrade QOL(Quality of Life) of human beings, they have been required to respond continuously. In this paper, we describe and organize these issues first, considered necessary for the continuation of efforts to solve them for the "basic concept". Next, the current status and future prospects of these efforts, in the position as a private enterprise, we mainly describe the effective use of sensing data.

1. 交通システムの課題

交通システムにおいては、課題の対応策が発展的に実践されるために、交通システム以外の分野や異業種領域との融和性も考慮した検討が必要であり、本稿では交通システムと IT システムの2分野と、データ自身が持つ課題の3視点で纏める。

課題全体を一言で表すと「情報や機能の流通性の悪さと効果測定の難しさ」である。その「情報や機能の流通性の悪さ」に関する具体的課題は、次の3点にまとめられる。

- ・IT システム/機器と交通システム/機器との非互換性
- ・各交通システム/機器間の非互換性
- ・上記システム/機器間のデータ形式の非互換性

又、「効果測定 of the difficulty」に関しては、公共性の高いインフラシステムが故の課題であるが、これが結果的に民間企業にとっての投資効果やインセンティブの得にくさにつながり、積極的取組の阻害要因ともなっている。

1.1 交通システム分野の課題

(1) 構造的課題

公共性の高い社会インフラである交通システムについては、課題等の議論や対応策を提言する場としては、ITS(Intelligent Transport Systems)の名称で世界共通の取り組みがあり、それを国際標準に纏める団体も ISO-TC204 が存在し活動している。[ITS Japan 00] そこでは、多様な情報通信や制御技術等最先端の技術が活用され、社会システムを大きく変えるプロジェクトとして新しい産業や市場を作り出す可能性を秘めているが、インターネットや情報通信の世界と比較すると、その普及速度も遅く、民間企業の多くがその達成感を実感しにくい状況にある。これにはいくつかの理由が考えられるが、その構造的課題としては、交通システムの最大の顧客であるドライバーや乗客(Consumer)は、移動中の車室内という限定された特殊な環境の中でもその要件・ニーズが多様であるため、関わる事業者や分野(法規含む)が多く複雑になっている点がある。そのため、ITS 関連の実証実験等においても、通信や運輸・物流等固有

連絡先: 橋口典男, 富士通株式会社, 川崎市中原区上小田中
4-1-1, hashiguchi.nori@jp.fujitsu.com

の業種や領域の影響が強い官学のプロジェクト予算と指導に沿った対応が多く、その先の顧客の総合判断や嬉しさを把握・測定しにくい、モチベーションも向上しないという負の連鎖に入っている。いずれのプロジェクトも単独としては成果を出しているものも多いが、QOL 含む長期観点では、その成果や将来への期待を実感しにくい。

(2) 技術的課題

技術的課題としては、具体的には以下の2点が挙げられる。

- ・交通システムに求められる温度・振動等過酷な環境条件のため、最先端技術や機器の適用に時間がかかり、開発から製品化・回収までの期間が長い。(通常 3~4 年)
- ・インターネット上の CP(Content Provider)や SP(Service Provider)、機器メーカーやベンチャーの様な専門性を持った企業がすぐにビジネスが出来る環境や基盤が構築されておらず、成功事例も少ない。又、車載機器やデータ形式等が各社独自・非統一で、且つ非公開であることが多い。

最終顧客の現場での挙動を正しくセンシングし採取したデータや数値においても、様々な事業者・分野の複合的な取り組みも含まれており、自身の成果や、B/C(Benefit by Cost: 投資対効果)の成立性の把握には適切な分析が重要である。しかし、現状は上記の様な通常の IT 機器との連携や車載機器・データへの対応を含め、その前段階でリソースが費やされている状態で、収集した大量のデータや情報で他の新たなビジネスや利益を生む可能性の検討まで及んでいない状態だと考える。

1.2 IT システム分野の課題

(1) 構造変動に伴う課題

インターネットや都市等では様々なセンサから収集されたデータやそれが変換された情報として大量に流れている。そのデータ量の増加は通信インフラの高度化を上回り、インフラそのものを破綻させる勢いであり、その対応が急務となっている。更に、それらのデータも特定の目的専用で活用されている一部以外の殆どのデータが廃棄されている。一方、交通システムにおいても、車両内のネットワークを流れる様々なセンサデータや、路車間通信・広域通信経路で交換される情報、インフラセ

ンサデータ、交通制御情報等、多様(Variety)、高更新頻度(Velocity)、大量(Volume)の特徴を持ったデータが発生しており、IT システム分野と同様、その利活用においてはビッグデータとしての扱いが必要となっている[Gartner 01][IBM 01]。その中でも車両とインフラとの間の通信容量や安定性の問題もあり、データの再利活用率が低い。

サービスやビジネスモデルの変化としては、最近のコンバージェンスサービス(Convergence Service)への各社の対応を見る様に、データが新たに生む価値やビジネスの可能性を追求する動きが活発化しているが、まだその殆どが大きな利益に結びついていない。近年の領域や業種を超えたダイナミックなアライアンス事例の急激な増加を見ると、それを SI(System Integration)や個別対応のビジネスとして推進するだけではなく、「データ収集～分析～情報・サービス提供」の型と、特定業種専用部と共通基盤部との分離を極力図ったシステム構築への考慮が、B/Cの成立や普及速度向上のためにも必要とされる。

(2) 技術的課題

交通システムは、信号、道路標識、車線・止まれ等の道路ペイント等ルールを示すインフラ部分と、それを活用する人・車両等交通パートナーの2つに大きく分類される。そこに活用される IT としては、ミッドウェイ ETC 等交通システム特有の機器だけでなく、スマートフォンや携帯電話含む一般通信機器、路側システム、車載・インフラカメラ等多岐にわたる。しかし、これらは現在、一般通信機器を除いて IT 分野の最新のテクノロジーから数世代遅れた技術で、且つ専用につくられた高価なシステムが多い。同時に、データやその処理方式の互換性問題も生じており、その差異を外部のシステムで補完する必要がある。

以上より、IT やデータの非標準問題は存在し続けるとしても、開発した機能や、収集したデータ等は各々コストを持つ財産であり、これを異業種に展開・再利活用して新たな価値やビジネスを創出する流れを作るためには、基盤構造・アーキテクチャやデータ活用の型を極力統一し基盤化する必要があると考える。

1.3 データ自身の課題

まず、全てのデータや情報にはコストがあり、それが蓄積・流通するだけでもコストが上積みされるということを再認識する必要がある。データはセンシングの際に、情報はデータを変換した際にも各々コストが発生しており、有効活用されないデータや情報は不健全財産となる。しかし、データを活用した新たな価値の創出や異分野へのビジネスを展開するためには、データや情報を保有していることが絶対的な強みになる。又、データや情報の有効活用により得られた利益を、データコストに還元する仕組みをシステム上で実現する必要がある。これにより、データコストの軽減だけでなく、データ収集に対するモチベーションを維持させることにもつながる。更に、プライバシーや肖像権、著作権の問題もあり、データや情報を利活用する際には、日本の慣習であるオプトイン方式だけでなく、世界で主流であるオプトアウト方式への対応も必要である。サービス提供の際、データの収集元や情報変換元のデータや情報に遡った削除が可能となるシステム構成とする必要がある。これは、データが新たに生んだ利益のデータ収集元への還元を実現する仕組みと同じであり、データ活用基盤には基本機能として実装されるべきと考える。

一方、交通システムにおけるデータ収集が進んでも、その成果が継続的に有効活用されない状況が続くと、逆に、データ収集の活動も低調となり、活用したいときに必要なデータや情報が無いという負の連鎖が生じてくる。例えば、交通システム

分野において、デジタルタコグラフやドライブレコーダのデータを活用したヒヤリハットマップの作成とそれを活用したドライバーへの注意喚起システムは、日本各地で実証実験も行われているが、過警報によるオオカミ少年現象(だれも注意を聞かなくなる)や、余計な交通流の低下だけでなく、危険に対する誤った先入観を生じさせることによる危険度の増加現象も起きている。又、データ量が多くなりすぎてそれを分析・検証する時間や工数・費用と、システムが防ぐ損失との B/C が成立せず、システムの活用自体を止める企業も出てきている。

データはそれをビジネスに有効活用するために収集を開始したら、永続的に利益を生む仕組みをシステム上で実現させなければならないということである。

2. 課題解決に対する基本的考え方

基本的な考え方として、次の2点を設定した。

- (1) システムの概念・アーキテクチャや IT 活用の方向性が、人の基本的構造や挙動と大きく乖離していないこと。
- (2) 最終顧客の真のニーズと効果の把握のため、現場顧客と同視点で収集したデータを重視すること。

人は、例えば、交通システム上で運転中の様な現実世界において、未経験・不可解な状況が生じて、その場では受け入れて運転を継続するしかない。運転に関する様々な外部からの情報により学習して作成した自身の規則・ルールに照らし合わせて判断した後、行動を起こしている。この挙動は、ビッグデータを扱う際に活用される機械学習(Machine Learning)と同じである。機械学習とは、人間が自然に行っている学習能力と同じ機能を IT で実現しようとする「技術」や「手法」であるが、人の挙動と同じ方向性を持つ事が自然である。当社では、2011年7月に、位置情報活用クラウドサービス SPATIOWL を製品発表したが、そこでは人と同じ一連のサイクルである、「データ収集～分析～情報・サービス提供」の型を持ち、各領域に必要な機能の具備・蓄積・学習し成長していくシステムとなっている。

又、交通の流れは車群を形成する個々の車の挙動によって決まる。交通システムはそれを、交通システムの負の遺産「事故・渋滞・環境悪化」の軽減方向に作用する様考慮して構築される。車の挙動を決めるものはドライバーであり、その場面々々での外界や自身の状態をセンシングし、解析・判断しながら車を制御する。急停止や急加速等車の挙動は、それを制御するドライバーが運転中のその場の状況判断の結果として現れるものである。運転支援に有効と考えられている、車の挙動情報を活用したヒヤリハット(当社では運転注意ポイントと称している)マップによる情報提供サービスには、現場最前線のドライバーへの入力情報と、その結果による車の挙動情報が最重要情報である。一方、人は自身の挙動の決定に際し、90%以上を視覚情報に頼ると言われており、このことから、事象発生時のその地点でのドライバーの視点に立った画像データの収集と有効活用が、システムやサービスの成立性に大きな影響を与えると考える。

3. 事例と検証

本章では、交通システムにおけるデータ収集・活用に対する位置情報活用クラウド基盤 SPATIOWL の適用事例を元に、データ収集、解析、その効果検証の順に説明する。

3.1 データ収集と活用事例

ドライブレコーダは事故時のドライバー自身の身の潔白を証明する手段としては有効活用されるが、黙秘権同様自身の都合が悪い際には活用されることは少ない。しかし、道路や車両の挙動状況の収集という観点では、車載やインフラ含む様々なセ

ンサの中でも、一般市販車で、速度・加速度・位置・画像等、ドライバの置かれている現場のリアルな運転・交通状況をセンシングし、データ収集ができるドライブレコーダは、最も進んだ機器であり、市場への拡大とそのデータの有効活用が、交通システムの課題解決に大きく寄与する可能性を持つと考える。

(1) 走行データの収集

事故の未然防止を目的とした車両走行データ活用実証実験は既に複数実施されている[国交省 01]。その具体策の中にヒヤリハットマップ作成もあり、その情報を元にしたドライバへの注意警告や、国や地方自治体による危険状況改善のための道路保全・改修等の活動が行われている。当社でも、独自にドライブレコーダのデータを手し、「運転注意ポイント情報提供サービス」のビジネス実現性を検討するための解析を行った。最初の目的としては、収集したデータの解析による新たな価値創出の可能性の検討・検証と、それをビジネス化するための必須条件である IT による自動化を実現する技術の選定であった。損保メーカが既にビジネスを展開している、ドライバに対する安全運転指導や、タクシーメーカに対する事故損失費用削減による保険料軽減には、自動解析機能がその費用・経費削減に寄与可能と判断するが、更にその先の、「データ収集～分析～情報・サービス提供」の型の確立と、画像認識・解析と波形解析との複合自動分析手法の確立・機能部品化、機械学習技法の有効活用に向けた取り組みも進めた。尚、この種のサービスでも最もコストが高いのが、人件費であり、B/C を成立させるためにも解析を IT で自動的に行わせることは必須要件である。図1にドライバへの運転支援情報提供サービスの全体像を示す。



図1. ドライバへの運転支援情報提供サービス全体像

(2) ドライブレコーダデータ解析

今回、ドライブレコーダの 837 件のデータの目視解析を行った。その結果を図2に示す。

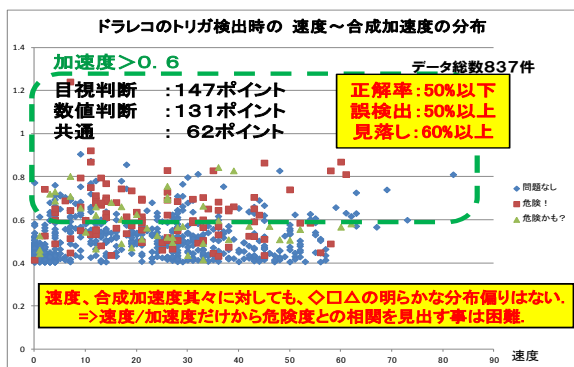


図2. ドライブレコーダ目視解析結果

その結果、「急加減速の多発場所とヒヤリハットポイントとは一致しないことが多い」という事実を把握した。その具体的な数値は、

正解率 47%、見落率 58%であった。収集したデータを機械的に解析し、ヒヤリハットポイントとして集約させるためには、少なくとも、正解率 50%以上、見落率 50%以下でなくてはならない。

そこで今回、数値解析機能と画像認識・解析機能との複合解析機能の開発を行い、正解率 73%、見落率 27%を、その自動化とともに実現できた。数値解析では加速度の変化に注目し、その波形の主成分分析を実施し、その結果を SVM(Support Vector Machines)により分類した。その際には、リファレンスとした画像に対する人の判断と波形との目視比較を行い、波形解析の自動化の妥当性も確認した。画像認識・解析機能では、一般物体認識(Generic Object Recognition)による交通パートナー(車、人等衝突の対象となる物体)の検出とその距離計測による危険度の抽出を行った。上記複合解析の結果を次に示す。

	L1	L2
① 正解率	73%	51%
② 見落率	27%	49%
③ 判別率	76%	79%
④ フィルタ率	33%	22%

又、図3に、数値・画像自動複合解析結果を示す。

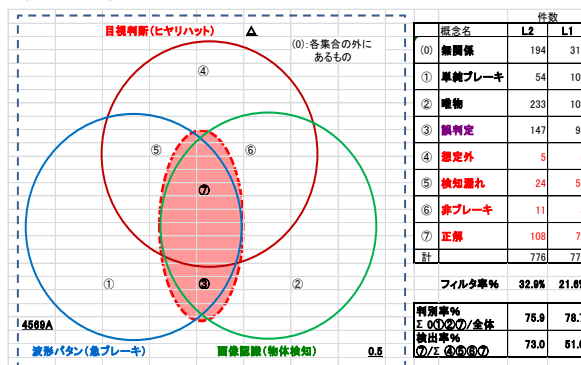


図3. ドライブレコーダ数値・画像自動複合解析結果

L1, L2 は、波形解析部分は変えず、画像認識・解析機能の閾値を変え、正解率 50%以上の最低限度値の場合(L2)と、正解率と判別率のバランスを最大化したもの(L1)で分けて解析した。フィルタ率は、ヒヤリハットとは無関係のデータを削除し、確認すべきデータを自動抽出した数値である。抽出したデータにもその危険情報(検出物、危険と判断した理由)が出力され、解析の効率化にも寄与できる。このフィルタ率は目視確認にかかる工数(警察庁データによる解析時間は、1 データ平均約 3 分[警察庁 01])削減への貢献に関わり、確認データが多すぎて B/C が課題となっているドライブレコーダ活用メーカの経費削減に貢献できる。当社としてもドライブレコーダ活用者からの永続的なデータ収集を可能とする正の連鎖が構築できる。

更に、画像認識・解析機能で重要なことは、注意すべき内容がわかることである。運転中のドライバの「危険箇所だけでなく、その地点で注意すべき内容を知りたい」に対する回答となる。抽出内容の一部を以下に記述する。

- ① この時間帯は前方の車が急停止することが多い。
- ② 横から人や自転車が飛び出してくることが多い。
- ③ 朝晴天時は上記②が連続して発生することが多い。
- ④ 夜雨天時の右折では対向車のヘッドライトの中に横断する人が入って殆ど見えない。
- ⑤ 冬の晴天時のこの時間帯では逆光になり、建物の影から向かってくる対向車線の自転車が見えにくい。

上記の、気象、明暗・逆光(その地点・時点での明るさ)等は、気象情報の活用以外に、ドライバの視点と同じカメラ画像の認識結果を重視して活用し、季節や時間帯は GPS の情報を活

用する。これらの条件は、視認性・判断の難易度や、運転している車両の種別(乗用車、積荷の有無別の大型トラック、バス等)等ドライバの視点や条件でカテゴリ分類、データベース化する。それをドライバの現条件と合致した際にのみ、情報提供を行う。更に、SPATIOWL が持つ経路探索機能と地図情報を活用して、「安心経路」探索、案内を行うことも可能としている。

3.2 検証

まだ限定的ではあるが、交通システム全体の課題解決や、最大顧客であるドライバの要件を満たす情報提供や誘導に貢献できることが確認できた。次に、自動化や手法については、今回は、教師あり学習(Supervised learning)を活用したが、画像認識・解析と波形解析の二軸で進めるシナジー効果も確認できた。画像認識は人の学習・認識がレファレンスとなるが、波形の各状態・成分と、人がヒヤリとした心理との相関を、画像データと対比させることで精度の向上ができた。又、波形は車両の種別によって成分分析の結果が異なり、画像解析の結果をレファレンスとした複合解析が必要となった。同じ交差点でも乗用車とトラックでは曲がり方や止まり方が異なり、情報提供や誘導内容も変える必要があった。

手法については、今回の構造化された数値(波形)データと、非構造化データの画像との異種データ複合解析に対しては、特に前者で SVM を使用したが、パターン認識の分野でも AI 技術の応用[Anagnostopoulos 01]含め識別手法の主流となっており、その有効活用が今後更に期待される。今回のヒヤリハット事象の抽出の様に、その判定に曖昧さが入りやすい課題に対しても、そこに波形と画像の両方を目視で関連づける等、その判断基準を相互に適用することで効果が上げられることもわかった。本論文では情報収集とビジネス展開の両立を目的とした取り組みについて記述した。前者では、実際にヒヤリハットを感じた人が、主に視覚情報より自ら学習したルールを元に判断した結果を反映した挙動であるため、収集する最も重要なデータである画像も記録できる汎用機器としてドライブレコーダのデータを活用することを最初に決定して進めた。後者に対しては、問題はその自動化であるが、特に画像認識に含まれる曖昧さに対する処理は今後の大きな課題として残っている。人間と同じ学習と判断の連鎖を IT で実現することは、まだ課題が多いことを認識して研究開発と事業化の並行作業を地道に継続し続けることが必要と考える。

4. おわりに

ビッグデータの解析による新たなビジネスの創出と、その早期事業化を目指すためには、提供されるサービスの受け手、作り手双方の納得性と、「型・パターン及び手順」の確立、及びその「自動化」が必須である。今回は手法や自動化に貢献するツールについては、機械学習や SVM の活用が効果的ではあった。ビッグデータ解析のトレンドは「機械学習と大規模並列処理の融合」[Ghoting 01] [Ghoting 02]と言われ続けているが、今回の事例の様に、その前に非構造化データの処理や、重視するデータの取捨選択が、システムの性能や有効性に大きく影響を与えることもわかった。特に、交通システムにおいては、収集したビッグデータに統計的・数学的処理を活用した「データに語る」手法だけでなく、ドライバの個々にアクションを生じさせた理由の把握が必須であり、それらのセンシングデータとともに蓄積・分析した結果を、各運転中のドライバの状況を把握の上で、適切に、ドライバの納得のいく形で情報提供する必要がある。納得性のあるサービスは、作り手のモチベーション向上に直結し、投資効果への寄与にもつながると期待される。更に、

今回の仕組みを SPATIOWL 上で実現する意味は、機能やデータのライブラリ化と再利用によるコストの低減、及び早期のサービス化・ビジネス化の現実世界における効果測定・検証である。一方、データ収集の最前線である車両のセンサやドライブレコーダ等の車載器のデータ形式が各社固有で非公開である問題は、今後も少なからず持続し続けられると思われるが、そのデータの自動変換機能を、低価格で、そのフレキシブルな機能配置を可能とするアーキテクチャを実現することで、データ収集力の強化とデータコストの更なる低減が可能となるはずである。

既に巨大な市場を築いているソフトサービスビジネスでも、SI ビジネスと並行してサービスビジネスが拡大している様に絶えず変化しているが、次に発展しなければならないビジネス、或いはビジネスモデルは、コンバージェンスサービスビジネスだと言われている。それを支える素材が、ビッグデータであり、機械学習や SVM 等の手法や IT ツールである。収集される大量のデータを活用したサービスを、人が納得性を持って受け入れる形に活用することで、QOL 向上に貢献しビジネスにつながるものが、あるべき姿である。ただ、そこにはまだ官学民全体の人間の知恵の集結が必要であり、今後の AI 研究の加速へ期待するとともに成功事例を積み上げていきたい。

参考文献

- [Anagnostopoulos 01] Anagnostopoulos, C. N. E., Anagnostopoulos, I. E., Loumos, V. and Kayafas, E.: A licence plate-recognition algorithm for intelligent transportation systems applications, IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems, Vol. 7, No. 3, pp.377-392 (2006)
- [Gartner 01] Gartner: Gartner Says Solving ‘Big Data’ Challenge Involves More Than Just Managing Volumes of Data,” <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1731916> (2011-6)
- [Ghoting 01] Ghoting, A., et al.: SystemML: Declarative machine learning on MapReduce. Proc. 2011 IEEE 27th Int. Conf. on Data Engineering (ICDE 2011) pp.231-242, (2011)
- [Ghoting 02] Ghoting, A., et al.: “NIMBLE: A Toolkit for the implementation of parallel data mining and machine learning algorithms on mapreduce” Proc. 17th ACM SIGKDD Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining(KDDI 2011) pp.334-342, (2011)
- [IBM 01] IBM: “ビッグデータとは？” <http://www.ibm.com/software/jp/data/bigdata/> (2011)
- [ITS Japan 00] ITS Japan ホームページ, (2012) .
- [Jeong 01] Jeong, P. and Nedeveschi, S.: Local difference probability (LDP)-based environment adaptive algorithm for unmanned ground vehicle, IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems Vol. 7, No. 1, pp. 51-62 (2006)
- [警察庁 01] 交通安全教育マニュアル:映像記録型ドラレコ活用交通安全教育マニュアル, pp.10-12 (2009) .
- [国交省 01] 国土交通省報告書:運輸安全対策事業最終報告書(H23/3), pp.9-11 (2011) .