

# 災害時における車車間通信の通信機器の性能差を考慮した情報伝達に関する研究\*

## Study on Information Communication Considering Difference on the Performance of Communication Facility for Inter-Vehicle Communications during Disaster\*

室井寿明\*\*・福田敦\*\*\*

By Toshiaki MUROI\*\*・Atsushi FUKUDA\*\*\*

### 1. はじめに

これまで我が国では、地震などの災害の被災に備えて、緊急通信手段の確保に努めており、通信施設を含むインフラ施設の耐震性補強や公共機関を中心に衛星電話等の整備が進められてきた。また、地震の発生を知らせる緊急地震情報システムの構築なども行われてきた。これらの取組における課題は、確実に各個人まで情報を伝達あるいは各個人から情報を収集する情報通信システムを構築すること、そしてそのシステムは通信施設等の被災や通信需要の集中などに影響を受けないシステムであることであろう。加えて、昨今の社会情勢を考えると整備のために大規模な投資をすることは困難なので、既存のシステムを活用できるシステムであることであろう。

これまで筆者らは、以上のような課題に対応する方策として、災害時でもインフラ施設と独立して通信用の電源を利用でき、かつ基地局などの通信センターを経由せずとも情報通信が可能であり、今後普及が進むと考えられる車車間通信に着目し、これを活用した情報通信ネットワークの構築の可能性に関する検討を行ってきた。しかし、これらの検討では、ネットワーク形成の可能性に関する基礎的な検討を行ったため、実際には車車間通信機器の通信性能が異なる車両が混在している影響や普及率が異なる影響も分析してこなかった。

そこで本研究では、改めて災害時における情報とその伝達手段、課題を整理し、車車間通信によって情報通信システムを構築する利点を明らかにした上で、通信機器の通信性能や普及率の違いに応じてこのシステム上で情報がどのように伝播されるか推計し、車車間通信による情報通信システムの可能性を検討することを目的とする。

\*キーワード：情報処理、防災計画

\*\*正員、博（工）、財団法人運輸政策研究機構

（東京都港区虎ノ門3-18-19 虎ノ門マリビル3階、  
TEL03-5470-8415、FAX03-5470-8416）

\*\*\*正員、工博、日本大学理工学部社会交通工学科

（千葉県船橋市習志野台7-24-1-739D、  
TEL047-469-5355、FAX047-469-5355）

### 2. 伝達する情報の内容と現状の整理

災害時において、特に道路交通に着目すると、回避すべき状況は交通管理者とドライバーの間で意識が異なってしまうことであると考えられる。すなわち、交通管理者側は道路の安全確認や緊急車両の通行路確保等のためにドライバーに対して運転を取り止めてほしいと考えても、ドライバーは道路が被災しなかったり運転を止めるような指示（情報）が入ってこなかったりしたため、独自の判断で運転を続けてしまう、という状況は避けなければならない。そのためにも、災害時において、交通管理者側からドライバーに対して適時指示（情報）が送信できるようなシステムが必要であると考えられる。

ここでは、首都高速道路における地震発生時を例として<sup>1)</sup>、交通管理者側から走行しているドライバーに対して伝達すべき情報を災害発生の時系列上で考えると、主として以下のようなものに整理できよう。

#### （1）災害直前～災害時

「走行中の場合はゆっくりとスピードを落とし、左側または右側に寄り、停車してエンジンを停止する」ことを指示する。

現在では、ラジオ等での緊急地震速報の受信が考えられるが、これは高速道路上を走行しているドライバーのみをターゲットにしているわけではなく、減速や停止など具体的な指示は期待できない。また車両に搭載されている機種によっては、緊急地震速報の受信のためには走行中に特定のチャンネルを設定する必要があるなど、利用には制約がある。

#### （2）災害発生直後

「ラジオ等で地震情報や交通情報などを聞き、周囲の状況を掴む」ことを要求する。

現在では、ラジオ等の広域放送および文字掲示板からの情報に該当するが、広域放送では上記と同じでドライバーのみをターゲットにしているわけではなく、非常口の場所や出口の案内等は期待できない。また文字情報板による伝達は、ドライバーをターゲットにした内容の情

報を伝達できるが、文字情報板近辺にドライバーがいないと情報を伝えることができない。

(3) 災害発生後から安全確認が取れるまで

「自分の判断でみだりに車を走らせない、警察や首都高の指示があったら、それに従う」ように指示する。

現在では、上記のように広域放送からの情報に期待するか、もしくは交通管理者の係員からの指示に従うことになる。しかし、広域放送は上記で述べたように高速道路上のドライバーのみをターゲットにした情報だけではないため、必ずしも交通管理者とドライバーが望む情報が伝達できるとは限らない。また、係員からの指示については、指示できる範囲が極めて狭く、災害時には人員が不足しやすいということから、高速道路上の各ドライバーに伝達するには時間がかかるという問題が挙げられよう。

3. 車車間通信の利用による利点と課題

2章で述べた問題に対し、これまで筆者らは、車車間通信の利用によって情報を伝達できないか検討してきた。すなわち、VICSセンターからVICS端末への情報伝達、あるいは既存の通信技術を用いて、交通管理者からある車両まで情報を伝達し、その車両から周囲の車両までは車車間通信によって面的に情報を伝達しようとするものである。1対1同士の車車間通信については、技術的な面では既存研究<sup>2)</sup>を見ても、十分可能であると考えられる。この車車間通信を応用することで表-1に示したことが可能になると考えられ、さらに2章で述べた問題については以下に述べるような利点と課題があると考えられる。

(1) 災害直前～災害時

広域放送による緊急地震速報に加えて、2章で述べたように車両をゆっくりと減速させ、停止させるといった広域的な緊急地震速報では伝達できない具体的な指示が可能になるであろう。ここで問題となるのは、情報が発

信されてから各車両（ドライバー）に伝達されるまでの時間が重要になる。特に地震を考える場合は刻一刻を争うことから、いかに迅速に、かつ多くの車両に情報を伝達できるかが焦点になる。

(2) 災害発生直後

例えば文字情報板に掲載する文字を車車間通信によって伝達し、VICS端末で再生するような使い方が考えられる。この場合、エンジンを停止し、キーを指したまま避難するなどの具体的な避難指示に加え、VICSの位置に応じて最寄りの広域避難所や避難口、非常電話位置などの情報を送信するといったような、よりドライバーにとって必要な詳細情報を伝達することができると考えられる。これらのような路線やエリアに応じて伝達する情報が異なる場合には、ラジオなどの広域放送で伝達することは不向きであり、車車間通信によってある程度の範囲に伝達することが有効であろう。ここで問題となるのが、どの程度の情報量であれば、どの程度の範囲の車両にどのくらいの時間で伝達できるかであろう。いくら詳細な情報が伝達できるとしても、その伝達に数時間も要するようでは車車間通信を用いる意義が薄れてしまう。

(3) 災害発生後から安全確認が取れるまで

2章で述べた問題に対し、車車間通信を利用することで、係員の指示がなくともVICSセンターから各VICS発信機に異なる指示を送信することで、路線やエリアごとに各ドライバーへ具体的な指示が可能になると考えられる。例えば、緊急路としての活用を考える上で、道路上に残存している車両の数があまりに多すぎる場合は、ドライバーに対して最寄りの出口へ案内し、速やかに道路をクリアランスすべきか、あるいは車両の数が少ないならばドライバーに対して最寄りの避難口から徒歩で避難を促すかを伝達する、といった路線の状況に応じた詳細な指示や対応が可能になると考えられる。これもラジオ等の既存の広域放送で対応することは困難であろう。ここで問題になるのは、前節で述べたように、どの程度の範囲の車両にどのくらいの時間で伝達できるかである。

表-1 現状と車車間通信による災害時の情報伝達

伝達手段と項目		災害直前～災害時	災害発生直後	災害発生後～安全確認
現状	手段	広域放送(ラジオ等)	文字情報板	人員等による指示
	範囲	広範囲	極めて狭い	極めて狭い
	内容	緊急地震速報(概要)	停止 or 徐行	避難 or 出口案内等
	時間	一斉放送されるまで	文字情報板に辿り着くまで	人員に辿り着くまで
車車間通信	手段	VICS等からの発信	VICS等からの発信	VICS等からの発信
	範囲	ある程度の範囲	ある程度の範囲	ある程度の範囲
	内容	車両の減速・停止(具体的)	安全確認中・避難指示等	避難 or 出口案内等
	時間	車両同士で伝わっていくまで	車両同士で伝わっていくまで	車両同士で伝わっていくまで

#### 4. 通信機器の性能差を考慮した情報伝達の評価方法

前章では車車間通信を用いて情報伝達を行う場合の利点と課題を明らかにした。これに対し、本章では車車間通信を用いた情報伝達を検討するための評価方法を述べることとする。

まず、車車間通信による情報伝達を検討するにあたって、何らかの質的なものが伝播していく現象に着目している研究に焦点を当てた。その代表的な研究として、病気がどのように伝播するかを微分方程式によって解析するSISモデル<sup>3)</sup>があるが、SISモデルでは健康者と病人の空間的分布を考慮していないという問題がある。すなわち、微分方程式を用いる方法では、通信機器の特性だけでなく、車両の空間的な分布状況や位置、車間距離など交通状況が異なると情報伝達の様子も変化することを考慮できない。したがって、まずは車両一台一台を離散的に取り扱う必要がある。この点について、本研究では既存の交通シミュレータを活用することで、交通量や車両の空間的な分布状況等を考慮することとした。

次に、各車両に搭載される通信機器は全て同じと仮定するのは現実的ではないと考えられる。何故ならば、通信機器の技術進歩は非常に早く、一方で何らかの政策的な画一的通信機器の導入でも行われな限りは、通信機器の普及は遅くなりがちで、一般的には最新機器と一世代、場合によっては複数世代も遅れた通信機器やそもそも機器が導入されていない車両が混在する状況になるであろう。したがって、各車両に搭載される通信機器の性能が異なる場合に、情報がどのように伝達されるかを評価する方法が必要である。本研究では、この点についてはマルチエージェントによる手法を用いることとした。すなわち、交通シミュレータの活用により車両一台一台を離散的に扱いつつ、各車両の通信機器の性能差を明示的に考慮することを目指す。

さらに、車両一台一台同士での車車間通信による情報伝達を検討する場合、各々の車両に搭載された車載通信機器が、機器の特性である通信可能範囲や伝送速度および通信規定であるプロトコルに従って、通信可能範囲内にいる他の車載通信機器と相互に情報を伝達していくことになる。ここでは、マルチエージェントの考え方に基づいて、1つの車載通信機器をエージェントと定義する。各エージェントである車載通信機器は、環境から知覚可能な範囲において得られた内部記憶に基づいて意思決定を行うことで、他のエージェントと接続、通信開始、切断などの行動を取ることとする。より具体的には、個々の車両をエージェントと見なし、単純で同じルールを共有した多数のエージェントが車車間通信によって情報を相互に伝達すると考え、マルチエージェントシミュレーションによる情報伝播モデルを提案する。なお、具体的

な行動関数の決定などモデルの詳細については、紙面の都合上、過去の文献<sup>4)</sup>を参照されたい。

#### 5. ケーススタディの設定条件

本章では、ケーススタディとして、VICSビーコンを通じてビーコンの範囲内の車両に情報を伝達し、さらにビーコンの範囲外の車両に対しては車車間通信で情報を伝達することができるか、実際の道路状況および交通量などに基づいた検討を行う。具体的には、東京都板橋区高島平地区を選定し、特にシミュレーションを行う範囲として図-1に示す首都高速道路5号池袋線の戸田南～西台出入口間とした。



図-1 シミュレーションの実行範囲

当該区間は首都高速道路においても交通量の比較的小さい区間であり、この区間の交通量でも情報伝達が可能であることを示すことができれば、より交通量の多い都心部では確実に情報を伝達できると考えられることから、当該区間をケーススタディとして取り上げることとした。また、より具体的な状況を想定することや、車両によって通信機器の性能が異なることを考慮するために、下記に示す被災状況やシナリオを設定した。

##### (1) 仮定する被災状況

本研究のシミュレーションにおける想定被災状況として、震度5以上の大規模地震が発生した場合を検討する。この時、地震発生後に首都高速道路上の全ての車両は停止するものと仮定し、地震発生直後から数十分後程度を考えるものとし、また交通管理者から情報を受け取ったドライバーが車両を再度移動させるなどの行動は考慮しないものとする。

##### (2) 検討するシナリオの設定

今、車車間通信による通信網を確立し、情報伝達の手段としての利用を検討する場合、これまで述べてきたように、交通状況や通信機器の特性によって情報の広がり

方が変化することを明らかにしてきた。すなわち、交通量が少ない場合、あるいは交通量多い場合、また情報発信箇所からどれくらい離れた地点であれば、どれくらいの時間でどの程度の情報量が伝達できるか把握する必要がある。そこで、ここでは次に示すようなシナリオを想定することとした。

a) 通信可能範囲を変化させた場合 (シナリオ①)

本研究では車車間通信として想定している通信規格をDSRCとしている。現在DSRCはETCによる料金決済として利用されており、車両を確実に特定するために通信可能範囲を約30m程度に絞っている。しかし、DSRCの規格自体は数百m程度の通信が可能なものであり、車車間通信としても十分に利用できるものである。ここで、DSRCの通信可能範囲を車車間通信向けとして検討されている約300m程度とする場合と、無線LANと同程度の100mまでとした場合で、どのように情報の広がり方が変化するかを検討する。

b) 交通量を変化させた場合 (シナリオ②)

地震は昼夜を問わず、いつ発生するかは分からない。したがって、朝のピーク時や深夜の閑散時においても情報が伝達できるかを把握することは極めて重要であると言える。そこで、朝のピーク時交通量、昼の時間帯、夕方時間帯、深夜の閑散時の交通量に基づいて現況を再現し、さらに地震発生により各車両が停止した状況で情報がどのように広がるかを検討する。

c) 普及率と互換性を変化させた場合 (シナリオ③)

車車間通信の通信機器がどの程度普及しているかによっても、情報の伝わり方は変化することが考えられる。したがって、無線の特性上から通信機器の世代が更新されても伝送速度は一定とし、通信可能範囲別に普及率を変化させることとする。また、世代が異なる通信機器間での通信には伝送速度が低下するものと仮定し、情報がどのように伝わっていくかを検討することとする。

6. 推計結果

図-2および図-3に、朝ピーク時交通量と深夜時間帯の交通量において、それぞれビーコンから情報が発信されてから車車間通信によって情報が伝達できた車両の割合を示す。交通量が多い朝ピーク時間帯のケースでは、より多くの車両に早く情報が伝達されるのは、直感的に考えても合理的な結果であろう。一方で、通信可能範囲の広い(300m)ものと狭い(100m)通信機器が同じ普及率(どちらも50%)の場合は、通信可能範囲が狭い通信機器がより多く普及している(70%)状況より

も、全体に情報が伝わる速度は遅い場合があるという結果となった。これは、世代が異なる通信機器の普及率によっては、情報の伝わり方が異なり、交通量の多い少ないによらず、同様の傾向が見られた。

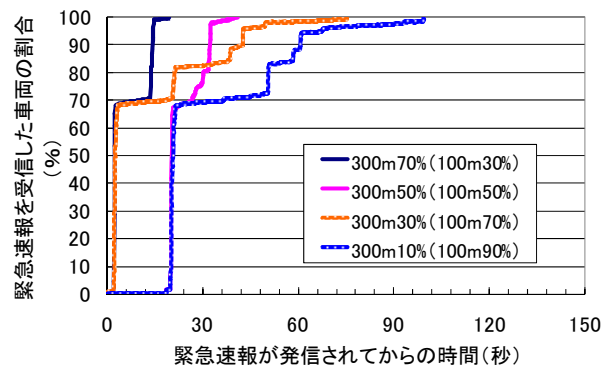


図-2 朝ピーク時における情報を受信した車両の割合

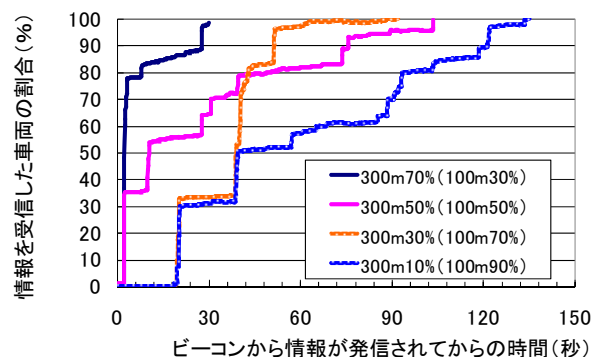


図-3 深夜時間帯における情報を受信した車両の割合

7. おわりに

本研究では災害時に通信性能が異なる車両が混在した場合に、車車間通信の利用によって情報がどのように伝達されるかを評価した。課題として、情報発信箇所によって異なる情報を送信した場合、同じ車両が異なる情報を受信した場合の処理を含めた検討等が考えられる。

参考文献

- 1) 首都高速道路株式会社ウェブサイト, <http://www.shutoko.jp/service/safety/earthquake/index.html>
- 2) Huaying Xu, Matthew Barth: Travel Time Estimation Techniques for Traffic Information Systems Based on Inter-Vehicle Communications, Journal of the Transportation Research Board, 2006.
- 3) 佐藤總夫: 自然の数理と社会の数理-微分方程式で解析するII-, 日本評論社, 1987.
- 4) 室井寿明, 福田敦: マルチエージェントシミュレーションを用いた災害時の車車間通信による情報伝播モデルの提案, 第35回土木計画学研究・講演集, 2007.