

「メンタルクローニングを用いた高齢化社会における交通事故防止システムの構築」

藤田ハミド（ソフトウェア情報学部、教授）、
羽倉 淳（ソフトウェア情報学部、准教授）、
大道頭二郎（株式会社ビットエイジ、代表取締役）

本研究では交通事故の発生要因の大部分を占めるヒューマンエラーの低減を目的とする。そのために、ドライバーの心理状態と、車載センサーから得られる地理的・道路環境的な情報を統合し状況判断を行うことで交通事故発生につながる危険状態を予測し、事故回避を実現するシステム構築を目指している。ここでは、これらの実現に不可欠な事故発生時のドライバー心理状態抽出と環境情報収集・分析のための準備状況について報告する。

1 研究の概要

岩手県といった地方部では公共交通機関の整備状況により、移動手段としての自動車の利用が不可避であり、運転機会の減少は生活手段の制約に直結するケースが少なからず存在する。これは、高齢者にとっても同様に深刻な問題であり、認知的、運動能力的に運転しづらい場合にも運転せざるを得ない状況は不可避な場合がある。

本研究では、これらの運転者による事故発生率を軽減するために、自動車が道路情報、運転者の客観的、主観的状況を考慮し、ドライバーに注意を促すシステムの構築を目指している。本システム構築のためには、交通事故に関連するあらゆるリスクの算定とそれらの統合手法が鍵となる。交通事故に関連するリスクは、事故要因の分析として、各警察署、及び、ITARDA (Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis: 公益財団法人交通事故総合分析センター)などで公開されている統計データ（例えば、[1]）からも算定することが可能である。しかし、これらのデータはあくまでカテゴリに分類された客観的データに過ぎない。例えば、60歳代の男性が踏切でXX件事故を起こしているといったデータと、ある特定の64歳の男性A氏が日常生活において毎朝通過する踏切Xを通る際に注意すべきこととの相関は極めて低いと考

えるべきである。一方で、事故時の運転者の性格や心理状態に着目した研究も数多く存在する（例えば、[2],[3],[4]）。しかし、これらの多くでは、事故時の環境を一般化している場合が多く、運転者の性格、心理状態と言った個人特性と、事故原因となった環境要因との関係にまで言及していない。

本研究では、事故リスクは、運転者の個人特性と環境要因との相互作用により決定されると仮定する。すなわち、先の例における事故リスクはA氏の個性やその日の体調、心理状況、及び、踏切Xの状況といった要素が複雑に相互作用した関数として算定されるべきものであるとする。その上で、運転者自身の主観に拘る事故要因（以後、Subjective Criteria(SC)と呼ぶ）と一般的な属性（以後、Objective Criteria(OC)）とこれらの要因と環境との相互作用に基づくリスクの算定とその結果に基づく注意喚起を行うことができると考えている。

これらの目的に対して、2013年度は、事故要因として考えられる主に運転者のSubjective Criteria (SC)、Objective Criteria(OC)の候補の選定、それらと事故現場との相互作用を抽出するための環境づくり、相互作用の推論を行うためのシステムのプロトタイプ作成、及び、推論方法の検討を行った。以下、これらの内容について報告する。

2 考慮すべき事故因子候補の選定

事故リスクを算出する際に、事故要因として考慮すべき因子は無数に存在する。これらの要因は特定の運転者や周辺環境に限定されないものと、特定の運転者が環境を含む特定の状況におかれた際にのみに因子となるものに大別できる。ここではそれぞれ、前者をOC、後者をSCと呼ぶ。以下、それぞれの選定について述べる。

2.1 Objective Criteria (OC)

前述のように、OCは特定の運転者や周辺環境に依存しない事故原因の因子である。警察やITARDAが提供する、類型化されたデータ区分がこれにあたる。ここでは、株式会社ビットエイジに調査依頼し、主に警察署等から入手したデータに基づき、以下の属性・特徴を運転者、及び、環境のOCと定義した：当事者種別、年齢、性別、運行目的（ここまでが、運転者のOC、以後環境のOC）発生場所、運転状態、事故内容、時間、天気。表1にこれらの簡単な説明を付す。

2.2 Subjective Criteria(SC)

SCは無数に存在することが想定されるが、一般に直接測定することが困難な場合が多い。これらの指標は、運転者の歩行者への注意度、運転への集中度といった客観的な定義が困難で、その測り方も厳格に規定することも困難である。一方で、これらの指標は、自己分析の統計データ上で表現される際には、わき見運転、漫然運転、安全不確認、動静不注視といった語で表現されるがこれらの程度や判断方法を特定することは極めて困難である。

本研究では、事故時の運転者の心理状態を分析した研究〔2〕,〔3〕,〔4〕や事故発生時の事例〔5〕を参考にして、慢性ストレス状態、焦り、（ストレスによる）苛立、（優先道路通行時などの）油断をSCの候補として選定した。これらの測定法を実験的に検討し、環境要因（特に、OCとして挙げたもの以外）との相互作用を算定可能にするための準備として、3節で示すシミュレータ上での事故現場の再現を行った。

表1 Objective Criteria候補

区分	OC名	説明 ¹
運転者	当事者種別	運転時の自動車の区分、乗用車/貨物車、及び、普通車/軽自動車に分かれる。
	年齢	運転者の年齢。1歳刻みの年齢区分 ²
	性別	運転者の性別。男性/女性
	運行目的	事故時の運行目的。私用/業務/通勤等に大別され、私用は、買物/訪問/送迎/通院/飲食ドライブ/観光・娯楽/その他等に、業務は、業務目的/職業運転等に、通勤は出勤/退勤等にそれぞれ細分化される。
環境	発生場所	事故発生現場の番地号までの住所
	事故類型	事故の当事者の形態。車両相互/人対車/車両単独等に区分される
	類型詳細	事故時の状況。出会い頭/追突（その他）/左折時/右折時（右折直進）/右折時（その他）/正面衝突/横断中（横断歩道）/その他等に区分される。
	事故内容	事故時の負傷者の負傷の程度。重傷/軽症等に区分される。
	時間	事故発生時刻。1時間刻み。 ³
	天気	事故発生時の天候。晴/曇/雨等に区分される

- 1 区分の分類は入手したデータから抽出したものであり、これ以外の区分も存在し得る。
- 2 年齢の刻み幅については、今後再検討する余地がある。
- 3 時刻の刻み幅については、今後再検討する余地がある。

3 事故因子候補抽出と環境要因との相互作用の関係抽出環境の準備

前節までに述べたように、本研究では交通事

故はSC, OCといった事故因子内の運転者に関する因子と特定の環境の相互作用により発生すると仮定している。しかし、これらの相互作用に関する公開された分析結果は見つけることができなかつた。さらに、実施されているかどうかも定かではない。そこで、ここでは、これらの関係を抽出するために、いわてものづくり・ソフトウェア融合テクノロジーセンターに設置されているドライビングシミュレータ上に事故多発地帯と類似した環境を再現し、事故発生時のドライバーと環境との相互作用の状況を抽出することを試みる。その上で、OCの洗練化とSCのより具体的な定義、さらには、環境とOC、SCとの関係の有無を抽出する。2013年度は、①盛岡市内の事故多発現場の調査、②事故多発現場に類似した事故状況のシミュレータ上における再現、そして、③シミュレータ上での事故発生の有無の確認実験を行った。

3.1 盛岡市内の事故多発現場の調査

株式会社ビットエイジに依頼し、盛岡市内の事故多発現場のOCについて調査を行った。同社では、警察署に問い合わせ等による調査を実行し、事故多発地帯に関するデータを入手した。これらの結果から、事故多発現場上位9件に絞り込みを行った。これらの事故多発現場には、環境要因としての問題点と、そこで事故を起こした運転者のSC, OCとの相互作用が観測しやすいことが期待できる。しかし、実際の現場で自動車による実験を行うことは、法制上、安全上、観測の容易さといった観点から困難である。さらに、環境に関する事故要因を絞り込むためには、環境を操作できることが望ましい。そこで、ここでは、次小節に示すようにシミュレーションにより現場の再現を試みた。

3.2 事故多発現場に類似した事故状況のシミュレータ上における再現

利用可能なシミュレータ上でこれら9件の事故現場を忠実に再現することは不可能であった。そのため、現状のシミュレータ上に存在する地理環境の中から、これら9件の現場の写真、地図情報と類似した環境を調査した。これらの類

似環境において、他車、歩行者等の出現タイミング等を事故発生時の状況に合わせることで、9件中5件の事故多発現場における典型的な事故状況をシナリオとして再現した。これらシナリオの詳細は本報告書の付録1に示す。尚、本シナリオ作成はビットエイジ社に依頼した。

3.3 シミュレータ上での事故発生の有無の確認実験

事故現場を再現する3.2節で述べたシナリオについて、実際にシミュレータ上で事故が発生するかどうかを確認するために実験を行った。尚、本実験で用いたドライビングシミュレータは被験者に容易にシミュレータ酔いを誘発するために、被験者の体調を考慮し、今回は付録のシナリオ1～3のみを用いて実験を行った。実験は、岩手県立大学地域連携室、及び、いわてものづくり・ソフトウェア融合テクノロジーセンターの職員4名に被験者として実際にシミュレータ上での運転を依頼することにより行った。いずれの被験者に対しても、シナリオ1から3を設定した環境内をそれぞれ5分走行するよう依頼し実験を行った。その際、どこが事故現場かの言及は一切行わず事故現場として想定された地点を含む領域内を自由に走行するよう依頼した。従って、被験者によってはシナリオ想定地点を一切走行していないケースも存在し得る。実験の様子を図1に示す。



図1 実験風景

実験の結果、4名の内2名の被験者がそれぞれシナリオ1とシナリオ3を含む環境内の設定地点で事故を起こすという結果を得た。本結果

より、被験者数が極めて少ないために、断言することはできないが、実験時間、実験に用いた道路領域の範囲を考慮すると、かなり高確率で事故が誘発されたといえる。従って、運転者のSC, OCと環境要因の相互作用を観察し、各要素を抽出するための環境として利用可能であると考えられる。一方で、前述のように、シミュレータ酔いの対策を講じなければ、長時間に亘る実験は困難であることが予想され、また、実験後の不快感を考えると被験者への依頼も心情的に困難であると考えられる。

4 TAPS (Traffic Accident Prevention System: 交通事故予防システム)の試作

TAPSはリスクKB、推論エンジン、及び、推論状況表示用インターフェイスから構成される。リスクKBは過去の事故から抽出されたSC, OCと各SC, OCが交通事故につながるリスクを格納する。このリスクKBと観測されたSC, OCを用いて、推論エンジンにより、リスク推論を行う。さらに、推論の際のリスク算定状況を推論状況表示用インターフェイスにより、外部に表示することで、実験時の推論の検証を行うことが可能となる。本推定器は、現状では、試行錯誤による構想段階にあるといえるが、以下に現状を報告する。



図2 「日常いらいち事尺度」[6]を用いた慢性ストレス測定システム

まず、リスクKBを作成するためには、SCとOCの決定とそれぞれのデータの抽出方法の決定、及び、大規模なデータ収集が必要となる。これらのうち、SCとOCについては、現在その候補を選定した段階にある。また、OCのデータ抽出方法に関しては、その多くが警察署やITARDA等の公的機関からの入手が可能であることが判明した。SCについては、慢性ストレス状態の把握のために、「日常いらいち事尺度」[6]を導入した。これは、運転者に予め質問法による設問への回答を依頼することで、運転者の慢性のストレス状態を数値表現する手法であり、本手法はビットエイジ社に依頼し、実装済みである(図2参照)。その他の各要素の抽出方法を今後検討して行く必要がある。また、大規模データの収集に関しては、ドライビングシミュレータによる収集を期待しているが、前節で述べたように、シミュレータ自体にも問題があることや多くの被験者が必要なこともあり、より洗練した方法を考案する必要があると考えている。一方で、KBを作成するために不可欠な、現時点で入手可能であると判明している全OC候補(2.1節で挙げたもの以外も含む)と事故件数をデータベース化するためのDBシステム自体は今年度予算によりビットエイジ社に依頼し開発している。



図3 TAPSの推論状況表示用インターフェイス

推論エンジンに関しては、TOPSIS[7]やFuzzy-TOPSIS[8]を用いた手法[9]を検討してきており、今後、本課題向けに応用していく予定である。また、本手法については次節で紹介するように、その有用性や可能性について海外研究者とも議論・確認している。

推論状況表示用インターフェイスについては、

ビットエイジ社に依頼し、試作を概ね完成している（図3）。本インターフェイスは、時刻、運転継続時間、天候、道路状態、性別や年齢といった運転者属性といったOCとSCとして慢性ストレス状態、さらには、それ以外のSCが決定された際に、推定された事故リスクを表示する。現時点では、推定に利用するデータも極めて少なく、前述の推論手法も未実装であるが、本インターフェイスは、これらの未実装部を加えることで各個人のOC,SCを考慮したリスク算定を実現するための骨格として機能する予定である。

5 これまで得られた研究の成果

本研究にて行った調査から、事故時のObjective Criteriaに関する統計情報は、警察やITARDAといった公的機関から入手できることがわかった。特に、当事者種別、年齢、性別、運行目的といった運転者に関する項目と、発生場所、運転状態、事故内容、時間、天気といった事故時の環境に関する項目を統計情報として利用可能なことがわかった。また、問診法により、Subjective Criteriaの一部となり得る慢性的ストレス状態が検出可能であることも調査により明らかになっている。研究論文や事故レポート等の文献等による調査から、慢性ストレス状態以外のSubjective Criteriaとして、焦り、（ストレスによる）苛立、（優先道路走行時等の）油断が候補となることがわかった。

また、調査と実験環境の準備により、盛岡近郊の事故多発地帯の特徴と事故パターンのシナリオがドライビングシミュレータ上で構築し、被験者による走行実験において、実際に同様の事故が再現される場合があることも確認している。

リスク計算方法に関しては、Multi-Criteria Decision Making (MCDM) の手法として、TOPSIS法、Fuzzy-TOPSIS法がSubjective Criteria, Objective Criteriaを融合させる上で有効に機能することを確認している。

6 今後の具体的な展開

以下の課題の解決が今後の具体的な展開となる。

特にSubjective Criteriaを構成する要因において、これらの要因がどういう状況で事故リスクと関係付けられるのか、また、Objective Criteriaとの組み合わせによる事故リスクの変化の程度については明確になっていない。また、Subjective Criteriaは一般に外部から測定することが困難である場合が多いため、これらを間接的に測定する手法の構築も課題となる。さらに、Multi-Criteria Decision Making (MCDM) の手法において、各Criteriaが時間変化する場合にも有効な手法の構築も大きな課題として残る。例えば、ある場所から目的地への移動を考えた場合、一般に許容される移動時間が短くなるにつれて焦りが生じる割合が高まることが予想されるが、実際に焦りを生じるか否か、生じた場合の焦りの程度には個人差があることが予想される。さらに事故リスクには、焦りの程度、環境要因、個人の性格・属性、及び、その他の要因が複雑に影響を及ぼすことが予想される。また、焦りを直接測定するセンサーや本目的に対しても有効であると考えられる手法は存在しない。このための手法の構築も課題となる。さらに、これらの要因のうち、焦りや環境要因は移動を伴う時間変化により時々刻々と変化することが予想される。このような場面でのリスク計算にMCDMの手法が有効に機能するのかどうか、また、機能しない場合、手法の改良が必要となる。

謝辞

ドライビングシミュレータの利用に際してお世話になった岩手県立大学地域連携室の関係各位に感謝の意を表したい。また、被験者として快くご協力頂いた上に、ドライビングシミュレータのシミュレータ酔いの苦痛にも長時間耐えて頂いた同室と、いわてものづくり・ソフトウェア融合テクノロジーセンターの職員の方々には深い謝意を表したい。また、プログラミング等に活躍してくれた(株)ビットエイジ社の鎌田将寛氏と岩手県立大学ソフトウェア情報学部インテリジェントソフトウェアシステム学講座の長峯和樹君に謝意を表す。

参考文献

- [1]公益財団法人交通事故総合分析センター、交通統計平成23年度版、2013、<http://www.itarda.or.jp> (より2014/04/21現在入手可能)
- [2]春日伸予他、安全運転カウンセリングシステムの構築：第一章 ヒヤリハット映像の心理的側面からの分析、平成21年度 タカタ財団助成研究論文集、2010、ISSN2185-8950
- [3]藤田 健二、四輪車と自転車の無信号交差点・出会い頭事故の人的要因分析、ITARDA 第15回研究発表会資料、2012.
- [4]神田直弥、時系列分析手法を用いた出合頭事故の人的要因、早稲田大学大学院人間科学研究科博士(人間科学)学位論文、2005
- [5]神奈川県自動車交通共済協同組合、職場における交通安全指導<http://shinkokyo.or.jp/syokuba.html> (参照：2014. 1. 21)
- [6]中野敬子、精神身体的健康におけるハッスルと人格特性の役割 心理学研究 64, 123 - 127, 1993
- [7]K. Yoon, C. L. Hwang, Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications. Springer Verlag, Berlin, Germany, 1980.
- [8]S. J. Chen, C. L. Hwang, Fuzzy Multi Attribute Decision Making, Lecture Notes in Economics and Mathematical system series 375, Springer Verlag, New York, 1992.
- [9]Hamido Fujita, Fuzzy reasoning for medical diagnosis based on subjective attributes and objective attributes alignment, IFSA/NAFIPS, pp.950-955, 2013.

付録 1

ここでは、盛岡市内の事故多発地点における事故状況をドライビングシミュレータ上で再現した際に作成した5つのシナリオの内の1つを例示する。

付録1-1 シナリオ 1

1. 事故発生地点：
岩手県盛岡市永井14地割42番地付近の交差点。
2. 経緯：
晴れた日の夕方4時頃、左折後に直進。

直進時に交差点横からの車に気付かずにぶつかってしまう。

3. シミュレータでの配置

事故発生予想地点：下図中央の赤線四角で囲まれた十字交差点付近。

自車の配置：下図左下の赤で塗りつぶされた楕円の位置に右方向を前方として配置。

他車の配置：事故発生予想地点に10台程の通行車両を配置。

- ・下図に表示されている道路の全てに通行車両を配置。
- ・路上駐車する車両を事故発生予想地点付近に一台配置
- ・実際の事故現場において、歩行者が歩行することが確認されているため、事故発生予想地点の交差点を横切る歩行者を配置。

4. 事故発生ポイント：

交差点での車両または歩行者との出会い頭衝突事故。

補足：下図中央付近の赤線丸で囲まれた部分は事故発生予想地点に準じて似ている交差点であり、ここで事故が起こることも想定されます。

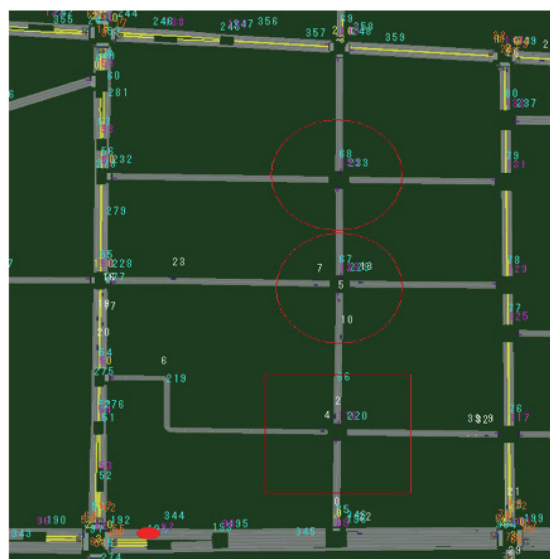


図 4 シミュレータ制御画面