

# 「リスク予測に基づく高齢化社会における 交通事故防止システムの構築」

藤田八ミド (岩手県立大学、教授)、羽倉淳 (岩手県立大学、准教授)  
長峯和樹 (岩手県立大学、学生)、齋藤涼太 (岩手県立大学、学生)

本研究では、精神状態といったドライバー個人の内面に大きく関わる交通事故要因と、ドライバーの年齢、性別といったドライバーの属性、及び、天候、時刻、道路形状といった環境要因を考慮した交通事故リスク予測を実現する手法構築を試みた。そのために、交通事故データからのこれらドライバーの属性と環境要因を考慮したリスク予測を行う手法を構築した。さらに、ドライバーの内面として、「焦り」に着目し、切迫状況下では、発生する交通事故の種類が通常の場合と異なることをドライビングシミュレータ上で確認した。その上で、これらの状況下でのリスク計算方法を構築した。さらに、焦りを直接測定することは困難であることから、ドライバーと環境との相互作用を観察し、通常状態と異なる状態を検出する手法を構築し、これによる焦りの測定について検討した。また、近年、癲癇発作による交通事故事例が数多く発生している。これらの防止に向けて、EEG (Electroencephalogram) から癲癇発作に至る前に発作に至る危険性を察知する手法の構築にも着手した。ここでは、ECG (Electrocardiogram) から心臓突然死 (SCD: Sudden Cardiac Death) の発生をその4分前に予測できることを示しており、この技術の応用を検討した。

## 1 研究の概要

警視庁のデータによれば、2013年の我が国における交通事故件数は629,021件であり、事故による死傷者数は785,867件とされている。また、最近の経済開発協力機構の報告[1]によると、日本の2012年の、路上交通事故による死者数は1990年に比べて64%減少しており、さらに、2001年から2013年まで13年連続で死者数は減少してきている。一方で、登録車両台数と自動車運転免許保有者の増加もあり、同じ期間の事故による傷者数はわずかながらも増加している。このような状況下で、交通事故の防止は我が国のみならず、現代社会における人類共通の課題であるといえる。

交通事故の防止と被害の軽減化に関しては、道路環境の整備、飲酒運転の撲滅、シートベルトの着用の義務化、エアバックシステムの普及、といった様々な機関・組織が、様々な方策・運動を通じて行ってきており、交通事故による死傷者数の減少に大きく貢献してきたといえる。さらに、個人の利便性の向上、交通社会が抱える課題の解消を目的として、我が国では1970年代よりITS(Intelligent Transportation System)が提唱され、その目的や目標を変化させつつ、現在では、ITSを基盤とした産業創出等も視野に入れた提言を行っているようである[2]。このプロジェクトは、1996年以降、国家プロジェクトとして本格的に推進されてきており、多くの成果を挙げてきている。こ

れらには、ASV(Advanced Safety Vehicle)やDSSS(Driving Safety Support System)等が含まれる。一方で、歩行者や自転車乗車中の高齢者による事故の増加、生活道路での事故の増加といった社会情勢の変化により、これまで中心であった幹線道路や高速道路における車対車の事故対策に加えて、歩行者や自転車を対象とした対策や、生活道路における事故防止策が必要であるとされてきている[2]。さらに、ASV等においては、運転者の危険認識の有無に関わらず、警告を発するためには運転者の警告に対する危険意識の低下が起こる可能性があることが指摘されており[3]、運転者にとって必要な時のみ、危険を警告する必要があるといえる。

そこで、本研究では、これらのニーズに応えるためには、個別の地点、個々の運転者が注意すべき事項を、道路環境、運転手の状況に合わせて必要な時にだけ、運転者に提示する必要があるという立場に立つ。すなわち、個別の地点における事故の傾向を分析し、その地点における事故種別ごとの発生頻度から、その地点固有の事故種別毎の発生リスクを算出する。さらに、個々の運転手の特性や心理状態をリスク算出時に考慮することで、特定の運転者が、特定の状況下で、特定の場所において遭遇し得る事故リスクの算出を試みる。すなわち、同じ場所、同じ運転者でも、場所の状況と運転者の状態によっては、算出されたリスクの大きさが異なることになる。このリスクの大きさを数値化し、

運転者にとって必要な時（リスク値が閾値以上の時）にのみ、危険を警告することが可能になることが期待できる。

本交通事故防止システム構築に向けて2014年度は主に、①統計データと個人差を反映した交通事故リスク算出、②個人差の抽出方法としての運転者－環境系の観察に基づく異常検知手法の構築、及び、③癲癇発作の早期検出法の構築に適用可能であると考えられる ECG データの解析手法の構築の3つのサブテーマについて研究を行った。以下、これらの概要と成果を示す。

## 2 研究の内容

自動車運転時は常に交通事故のリスクを有しているといえる。そのリスクは、運転地点、時刻、天候といった環境要因、運転者の性格、年齢、性別、運転目的といった運転者に関する静的要因、及び、運転者の気分、感情、ストレスの程度、疲労度といった運転者に関する動的要因によって、変化すると考えられる。本研究では、これらの要因を統合し、特定の人に対する事故リスクを推定することで、運転中にその運転手にとってリスクの高い状況と判断された場合にのみ、注意を促す交通事故防止システムの構築を目指している。ここではまず、事故統計データを基に、個人の静的特性と時間切迫時の個人差を反映したリスク算出方法について概説する。さらに、「焦り」や「イライラ」といった運転者の異常を検出するための手法の一つとなり得る、運転者－環境系の観察に基づく異常検知手法について概説する。また、運転者の癲癇発作や心臓発作といった身体的異常を発生前に検出するための手法についても概説する。

### 2.1 統計データと個人差を反映した交通事故リスク算出手法

本研究では、交通事故を防止するために、特

定の運転者が各地点で、高い確率で遭遇する可能性のある事故種別の発生リスクを推定し、閾値以上の確率であると推定された際に、その事故種別を未然に防ぐべく警告を発することが重要であるという立場に立つ。そのために、特定の地点における交通事故の統計情報を基に、事故種別毎の発生リスクを推定する手法を提案する。ここでは、MCDM(Multiple Criteria Decision Making)の手法の一つである Fuzzy TOPSIS 法 [4] を、動的に変化する状況に適用可能にするために、Fuzzy TOPSIS 法で用いる Decision Matrix(以下、DM)を逐次更新する手法を導入する。

図1に本システムの概要を示す。平成26年度は、特に、交通事故の統計データと、性格、性別といった運転者の客観的プロフィールを利用した客観的DMの構築方法、さらに、DMへの焦りといった運転者の心理状態の反映方法の構築を行った。以下、それぞれについて概説する。

#### 2.1.1 客観的DMの構築

ここでは、交通事故リスクを特定の場所で特定の運転者がどのような事故種別に最も遭遇し得るかであるにとらえるものとする。Fuzzy TOPSIS 法によりこの交通事故リスクを算出するためには、複雑に絡み合う事故要因の内の何に着目するかを評価基準として選定し、それらの評価基準が特定の事故種類に対しどのような重みを持つかを表現したDMを構築する必要がある。一方でこのDM要素は、一意に定めることが困難である。そこでここでは、後の利用のしやすさも考慮し、DMの要素を三角型ファジィ数で表すこととする。

評価基準に関しては、警察の交通事故統計データの項目として存在すること、機械的にデータを入手できること、さらに、事故種別に直接影響を与えていると考えられることを考慮

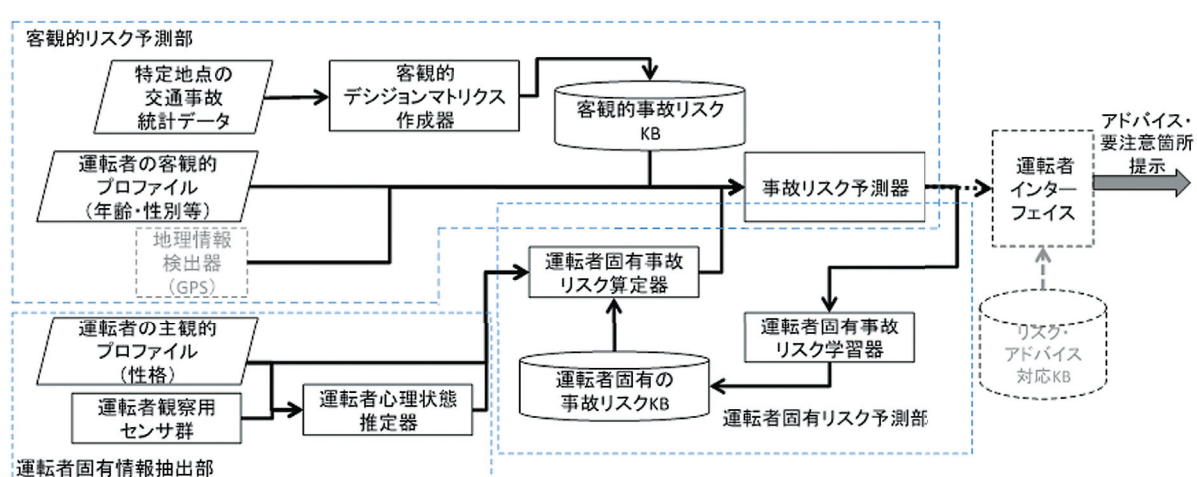


図1：交通事故リスク算出手法の概要



し、以下の4項目を選定した：時間、天気、路面状態、車種。さらに、これらに加えて、運転者の年齢、性別、運転目的を加えて、ある運転者がある場所でどのような交通事故を起こす可能性があるかを推定するための Fuzzy Weighted DM (FWDM) を構築した。

FWDM の構築においては、警察の交通事故統計データを基に、過去に発生した交通事故に対して、各評価基準の各構成要素（のカテゴリ）がどの程度寄与しているかの割合を基にファジィ化し、スコアを得る。次に、同じ統計データから、今度は、事故要因毎に Rough Set の極小決定ルール [5] を用いて、特定の事故現場で特定の事故を起こしやすい評価基準値をルールとして抽出する。ある運転者の特定の地点・状況下における、各事故種別に対するリスクの程度をこのルールと現状の一致状況により判断し、各事故種別に対するファジィ化したスコアを得る。これを先の各評価基準に得たスコアと乗じることで、Fuzzy Decision Matrix(FDM) を構築する。

交通事故に対する各評価基準の及ぼす影響は一般に異なることが予想される。しかし、ここで得られた FDM では、交通事故に対して各評価基準は全く同じ程度で影響を及ぼすという前提で構築されたものである。そこで、ここでは、岩手県警察の13名の、主に交通に関する業務に携わっている現役警察官による、評価基準間の一対比較を行い、各評価基準に重み付けを行った。先に得られた FDM にこの重みを乗ずることにより、FWDM を得る。

本手法では、地点を移動するたびに、(予め定められた要所要所で)、この手法により FWDM を再計算し、運転者に各地点の状況に応じて、必要な警告を発することが可能になることを期待している。

### 2.1.2 運転者の心理状態の反映方法

運転中の運転者の心理状態は、疲れ、ストレス、焦り、怒り、不安と様々である。ここでは、これらの心理状態のうちの焦りが判断時間に影響を与えるという知見 [蓮花2000] に着目し、第一段階として、焦りによる影響を考慮した事故リスクの算出方法を構築した。今回は、焦りを生じやすい状況として、時間切迫感に着目し、ドライビングシミュレータ (DS) 上で「特定の地点まで決められた時間内に到達する」というタスクを実施した際の DS 上での事故の発生件数を基に、上述の FWDM を変更する手法を構築し、次節で示す結果を得た。焦りによる運転への影響には個人差があることから、個人差を推定する手法と、焦りを直接的に測定する手法を構築する必要はあるものの、焦りといった動

的な要因を反映した FWDM の構築を行った。

ここまです構築した FWDM を用いて Fuzzy TOPSIS 法を適用することで、特定の運転者の特定の地点で特定の状況下において遭遇するリスクがある事故種別を特定できることとなる。2.1.3 節に、本手法に関する実験とその結果について示す。

### 2.1.3 実験

ここでは、岩手県警察から提供を受けた平成16年から平成25年までの10年間分の人身事故に限定した交通事故に関する統計データをもとに、ア) 2.1.1 節で述べた手法により、事故リスクの算出と、イ) DS による焦りの影響による事故状況を 2.1.2 節の手法により考慮した際の算出結果への影響を示す。統計データは45,742件の人身事故の統計的記録である。本来、事故現場毎に特定の運転者に対するリスク算出用の FWDM を再構築すべきであるが、岩手県内の交通事故は発生件数が比較的少なく、また、同一地点での事故件数は最大でも20件程度である場合が多いため、今回は、道路形状と道幅が似ている箇所を同一地点として扱った。実験に使用したデータは、ある事故現場1カ所とし、そこの類似現場1,000件に限定し、これらが無作為に5つのグループ (A から E) に分割し、内4グループを訓練データ、残りの1グループをテストデータとして、実際に発生した事故の評価基準の値から算出された9つの事故種別の発生リスクが高い順に並べ、実際の事故種別と比較し、一致度を調査した。

表1に、2.1.1 節で述べた手法による事故リスクの算出に基づいて予測された事故種別と実際の事故における事故種別の比較結果を示す。9件ある事故種別を算出された事故リスクの高い順に並べた際に、それが実際の事故種別と一致した件数が「予測1位と…」に、同様に、実際の事故種別が1から3位のいずれかに該当した件数が「予測1位～3位と…」の欄に示されている。1位と一致した割合は、5つの分割方法の平均34.9%と高い数値ではないが、1から3位と一致した件数は、85.1%と決して低い

データグループ	rough setで得たルールの適合件数	予測1位と実際の事故時の事故種別が一致した件数	予測1位～3位と実際の事故時の事故種別が一致した件数
A	110 (55%)	74 (37%)	166 (83%)
B	96 (48%)	71 (35.5%)	173 (86.5%)
C	91 (45.5%)	65 (32.5%)	169 (84.5%)
D	96 (48%)	70 (35%)	171 (85.5%)
E	76 (38%)	69 (34.5%)	172 (86%)
平均	93.8 (46.8%)	69.8 (34.9%)	170.2 (85.1%)

表1：リスク予測の結果

値ではないことがわかった。一方で、1位との一致率が低い要因として、ルール的一致率が低いことが挙げられる。ここで、rough set で得たルールが実際に特定の運転者が特定の場所に到達した際に、有効なルールとして適合した件数を「rough set で得たルールの適合件数」として示している。すなわち、これが適合しなかった場合には、特定の個人の特定の場所における事故リスクではなく、一般的な事故リスクの発生率を算出したこととなり、リスク予測の制度に悪影響を及ぼすといえる。この改善が今後の課題として残される。

次に、DS上である交差点を再現し、そこで6名の被験者による焦りによる事故の有無を調査し、リスク算出に反映した場合と反映しない場合の事故リスクの算出結果の違いを図2に示す。被験者による実験では、焦りがあることで、6名中4名が右折事故を起こしており(残りの2名は事故に至らなかった)、算出結果もこれを反映したものとなっており、これを個人向けに利用できるよう手法を改良することで、個人の感情を事故リスク計算に反映可能であることを示したといえる。

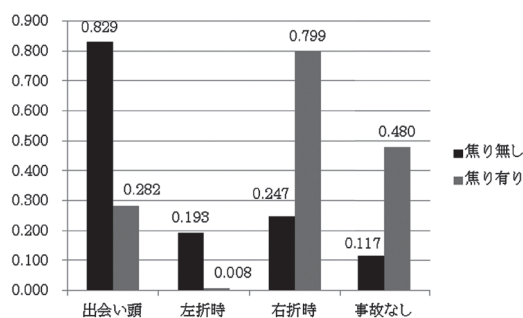


図2：焦りによるリスク算出結果の変化

## 2.2 運転者-環境系の観察に基づく異常検知手法

自動車運転時に運転者は、他車、道路環境といった様々な周辺環境と相互作用しながら運転動作を行っているといえる。この相互作用のあり方は運転者によって異なることが予想される。すなわち、運転時に望ましいと考えられる運転者と環境の関係は、運転者によって十人十色に異なるものと考えられる。例えば、ある運転者にとって、時速30kmで走行時に前方の車との車間を5m程度に保ち走行することは通常の状態である一方で、別の運転者にとっては全く同じ状況が異常であるケースもある。

また、運転中に身体を揺することが、ある運転者にとっては通常のことであるのに対して、別の運転者では極めて興奮した異常状態であることも考えられる。従って運転時の正常と異常の判断は、運転者にとっての環境との相互作用

のあり方によって異なるといえる。

そこでここでは、運転時の運転者と環境との動きに着目し、事故に至らなかった運転時の両者の動きのパターンを通常運転時の相互作用パターンとして学習する。その上で、実走行時の両者の動きのパターンと比較し、通常運転時に見られないパターン検出時に異常と判断することで運転時の異常検出を行う手法を構築した。ここでは、その概要を示すとともに、DSを用いた実験で得られた結果を示すとともに、本稿第4節では、前小節で示した手法の焦りといった心理状態の検出方法としての本手法の可能性について言及する。

本手法では、図3に示すように、車内に、車内と車の周辺環境を同時に撮影することができる全方位カメラを設置する。このカメラを通じて得られた映像に対して、動作検出器を通じてオプティカル・フロー[6]を検出し、これを動作パターンとして自己組織化学習により分類する動作分析器を通じて学習する。実走行時には、同様にして得られたオプティカル・フローを学習済みの動作分析器に入力し、記憶済みのパターンとの誤差を測定し、その誤差が大きい際に異常として検出する(図4)。



図3：全方位カメラの車内設置

本手法が有効に機能することを確認するために、DSを用いた2種類の実験を行った。最初の実験では、DSを利用してある被験者が対向車、歩行者なしの市街地上を直進走行した際の走行を通常走行として学習した後に、同じ市街地上で対向車あり、歩行者の飛び出しの設定を行い、これを実走行とした際に本手法でこれらの状況を異常として検出可能であることを確認した(結果を図5に示す)。さらに、次の実験では、最初の実験と同様の状況下で通常走行を学習した後に、車内の運転者が脇見運転、ハンドルから手を離す動作、及び、携帯電話の電源操作を行った際に、これらを異常として検出可能であることを確認した(結果を図6に示す)。

図5、図6のグラフは、いずれも実走行時に撮影された映像に対するオプティカル・フローを学習済みの動作分類器に入力した際の記録パ

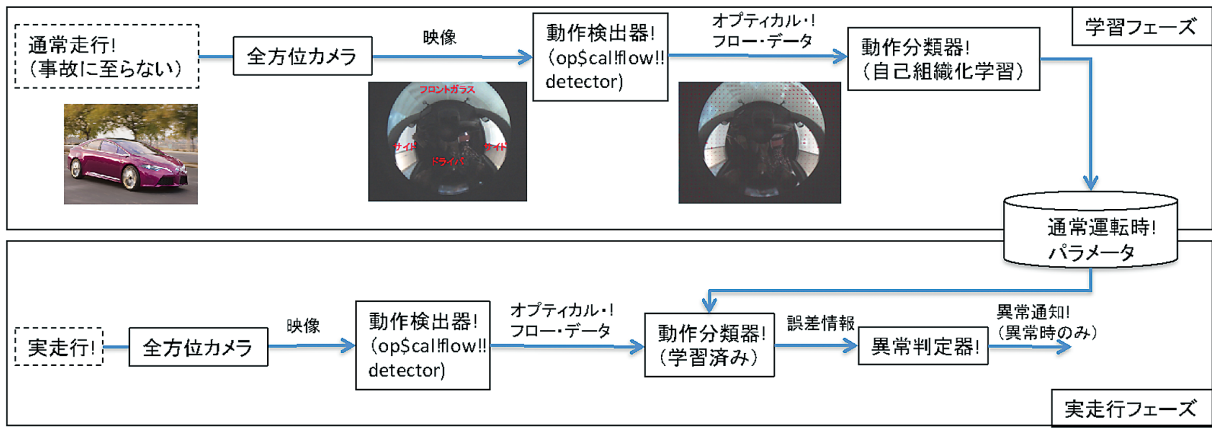


図4：運転者－環境系の観察に基づく異常検知手法の概要

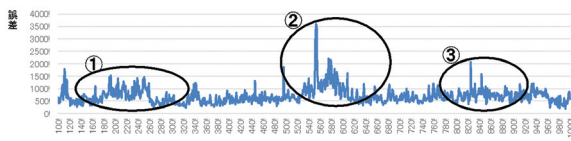


図5：車外の異常検出結果

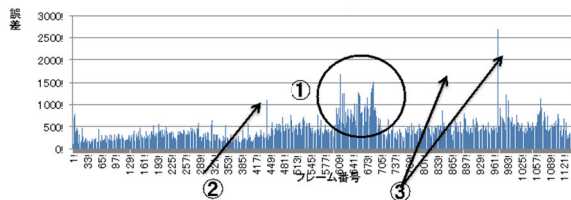


図6：車内の異常検出結果

ターンとの誤差を縦軸に示している。一方、横軸は、実走行時の映像のフレーム番号であり、実走行時の開始時からの時刻に相当する。縦軸の値が大きければ大きい程、記録パターンとの誤差が大きく、異常である可能性の高い入力が見出された可能性が高いこととなる。図5の①

と③の丸で囲まれた部分では、対向車のすれ違いが、②の丸で囲まれた部分では、歩行者の飛び出しが発生しており、本手法でこれらの事象を検出可能であることを示している。また、図6の①で囲まれた部分では、運転者が脇見運転を、②では、ハンドルから手を離す動作を、③では、携帯電話の電源の操作を行っており、本手法による車内における異常の検出も可能であることが示されている。

### 2.3 運転者の身体的異常の事前検知手法

自動車運転時の突然死は、運転者本人のみならず周辺の人、車に大きな被害をもたらす危険性を孕んでいる。これを未然に察知することで、自動車の自動停止といった対策をとることが可能になることが期待できる。そこで、ここでは、ECG(Electrocardiogram)に着目し、そのR波の発生間隔の時間変化 (HRV: Heart Rate Variability) 信号をから心臓突然死 (SCD: Sudden Cardiac Death) をその発生最大4分

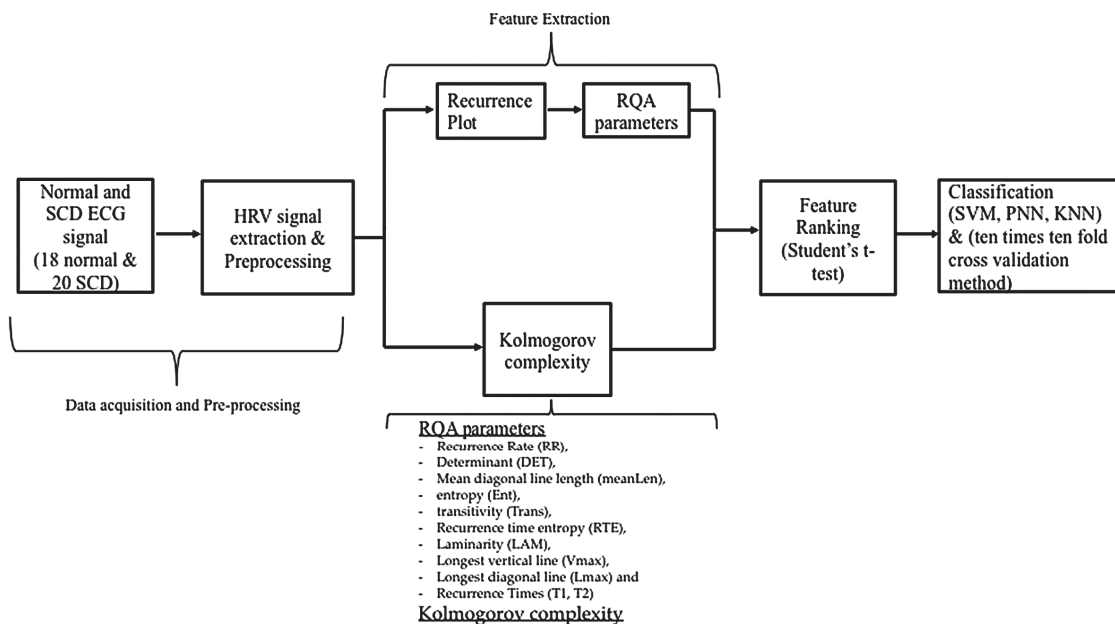


図7：ECGを用いた心臓突然死の事前検知手法の概要



前に予測する手法の構築を行った。

図7に提案手法の概要を示す。本手法は、ECGデータの獲得と前処理部、特徴抽出部、及び、分類部の3つに大別される。データ獲得と前処理部では、18の正常のECGデータと、20のSCDに至ったECGデータを基に、前処理とHRVデータの取得を行う。ここで得られたHRVデータから、1987年にEkmanによって提案されたRecurrence Plotを得ることができる。このRecurrence Plotから、Recurrence Quantification Analysis (RQA) パラメータを特徴量として抽出する。図7に示すように、RQAパラメータはRecurrence Rate (RR)、Determinant (DET)、Mean diagonal line length (meanLen)、entropy (Ent)、transitivity (Trans)、Recurrence time entropy (RTE)、Laminarity (LAM)、Longest vertical line (Vmax)、Longest diagonal line (Lmax)、及び、Recurrence Times (T1, T2)から構成される。これらのパラメータに加えて、Kolmogorov complexityも特徴として利用する。これらの特徴はt検定により評価され、分類器によりSCDの有無を判別されることとなる。ここでは、分類器として、Probabilistic Neural Network (PNN)、K-Nearest Neighbour (k-NN)、及び、Support Vector Machine (SVM)をそれぞれ利用し、10分割クロスバリデーション法により評価した。結果を、表2に示す。

Classifiers	No of Features	TP	TN	FP	FN	Accuracy	Sensitivity	Specificity
<b>One minute before SCD onset</b>								
PNN 0.07	3	18	17	1	2	92.1%	90.0%	94.4%
SVM RBF 1.3	3	18	17	1	2	92.1%	90.0%	94.4%
<b>2 minutes before SCD onset</b>								
PNN 0.6	3	16	17	1	4	86.8%	80.0%	94.4%
SVM RBF 1.5	4	16	17	1	4	86.8%	80.0%	94.4%
<b>3 minutes before SCD onset</b>								
PNN 0.21	2	17	14	4	3	81.5%	85.0%	77.7%
<b>4 minutes before SCD onset</b>								
KNN 20	3	16	17	1	4	86.8%	80.0%	94.4%
PNN 0.03	3	17	16	2	3	86.8%	85.0%	88.8%

表2：予測結果

表2に示すように、2分前の予測では、最善の場合、正解率 (accuracy) 92.1%、感度 (sensitivity) 90.0%、特異度 (Specificity) 94.4%を得ており、さらに、40分前の予測でも、正解率 (accuracy) 86.8%、感度 (sensitivity) 85.0%、特異度 (Specificity) 94.4%を得ている。

### 3 これまで得られた研究の成果

前節で示したように、本研究では平成26年度に主に、以下の3つを行った：統計データと個人差を反映した交通事故リスク算出手法の構築、運転者-環境系の相互作用に基づく異常検知手法の構築、及び、運転者の身体的異常の事前検知手法の構築。それぞれにおいて、前節

でしめしたような結果を得ており、これらの成果は第5節で示す論文誌や学会等で発表している。さらに、これらの成果の内、主に、統計データと個人差を反映した交通事故リスク算出手法の構築を進展させるかたちで、平成27年度の科研費基盤研究(C)に応募し、採択された。さらに、運転者の身体的異常の事前検知手法の構築を進展させた内容で、平成27年度のいわてものづくり・ソフトウェア融合テクノロジーセンター関連研究課題に採択されていることを付記する。

### 4 今後の具体的な展開

統計データと個人差を反映した交通事故リスク算出手法では、リスクの予測精度の向上を図るために、運転者モデルの構築方法、rough setによるルール構築方法の再考を行う。さらに、運転者-環境系の相互作用に基づく異常検知手法における通常のオプティカル・フローの分類方法を、特定の心理状態に運転者がいる際のオプティカル・フローに適用することで、その心理状態の検出を試みる。その上で、交通事故リスクに運転者の心理状態を反映する手法を構築する。また、運転者の身体的異常の事前検知手法を脳波に適用し癲癇発作の検出を行い、癲癇発作、心臓発作の発生前にこれらを検知し、事故に至る前に対処可能にするための方策の構築を行う予定である。

### 5 論文・学会発表等の実績

- 1) U. Rajendra Acharya, Hamido Fujita, Vidya K. Sudarshan, Vinitha Sree, Lim Wei Jie Eugene, Dhanjoo N. Ghista, Ru San Tan, "An integrated index for detection of Sudden Cardiac Death using Discrete Wavelet Transform and nonlinear features," Vol.83, Pages 149-158, Knowledge-Based Systems, 2015.
- 2) Saber Salehi, Ali Selamat, Hamido Fujita: Systematic mapping study on granular computing. Knowledge-Based Systems 80: 78-97 (2015).
- 3) Masaki Kurematsu, Jun Hakura, Hamido Fujita "A Framework for a Decision Tree Learning Algorithm with K-NN " Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques CCIS, Springer, Volume 513, 2015, pp 39-51.
- 4) Chi-Jim Chen, Tun-Wen Pai, Hamido Fujita, Chien-Hung Lee, Yang-Ting Chen, Kuo-Su Chen, Yung-Chih Chen: Stage diagnosis for Chronic Kidney Disease based on ultrasonography. FSKD

- 2014: 525-530.
- 5) Kohei Sugawara, Hamido Fujita: A workflow optimization by handling subjective attributes with meta-heuristic approach. ICNC 2014: 497-502.
  - 6) Hamido Fujita, Yu-Chien Ko: The Conditional Fuzzy Densities of Subjective Decision Support Systems for WCY 2012. ITQM 2014: 822-831.
  - 7) Hamido Fujita, Yu-Chien Ko: Evidential Probabilities for Rough Set in a Case of Competitiveness. KSE 2014: 3-13.
  - 8) Masaki Kurematsu, Jun Hakura, Hamido Fujita: A Framework for Improvement a Decision Tree Learning Algorithm Using K-NN. SoMeT 2014: 206-212.
  - 9) Kohei Sugawara, Hamido Fujita: Subjective Decision Making for Task Worker using Metaheuristics Technique. SoMeT 2014: 213-227.
  - 10) Ying-Tsang Lo, Hamido Fujita, Tun-Wen Pai: Epitope Prediction Based on Geometric Spiral Features of Neighboring Surface Residues. SoMeT 2014: 620-630.
  - 11) 長峯和樹、羽倉淳、藤田ハミド、心理状態が注意力に及ぼす影響を考慮した運転支援システムに関する研究 — 個人差を考慮したリスク箇所算出方法 —、第15回システムインテグレーション部門講演会 (SI2014)、計測自動制御学会、2014.
  - 12) 齋藤涼太、羽倉淳、藤田ハミド、「環境とドライバーの動きによる自動車運転時の異常検出手法」、第15回システムインテグレーション部門講演会 (SI2014)、計測自動制御学会、2014.
- 実現～、ITS 世界会議東京 2013、2013.
- [3] 大門樹、ドライバー特性に基づいた自動車の情報化・運転支援、Panasonic Technical Journal Vol.57 No.3 Oct.2011.
  - [4] Chi-Chun Lo, Ding-Yuan Chen, Chen-Fang Tsai, Kuo-Ming Chao, Service selection based on fuzzy TOPSIS method, 24th Int. Conf. on Advanced Info. Networking and Applications Workshops (WAINA) pp. 367-372, IEEE, 2010.
  - [5] B. Walczak, D.L. Massart, Rough sets theory, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, vol.47, issue 1, pp.1-16, Elsevier, 1999.
  - [6] Bruce D. Lucas, Takeo Kanade, "An iterative image registration technique with applications in stereo vision", Proceedings DARPA Image Understanding Workshop, pp.121-130, 1981.

## 6 受賞・特許

なし

## 7 謝辞

交通事故のデータのご提供、及び、事故要因の対比較にお忙しい中ご協力いただいた岩手県警察本部の皆様、及び、DSによる実験にご協力いただいた i-mos の職員の皆様がこの場をお借りして心からの感謝の意を表します。

## 8 参考文献

- [1] OECD/ITF, "Japan", OECD Publishing, 2014 "Japan", no. OECD Publishing, 2014.
- [2] ITS Japan, ITS による未来創造の提言～誰でも、どこでも快適に移動できる社会の