

2.2 ドライバビリティに基づく意図に応じたサービス提供の実現

情報システムがユーザの意図を満足するために、意図に合致したサービスを選択する必要がある。特に、運転中、ドライバは周囲のコンテキストに応じて適切に運転を行える必要がある。これをドライバビリティとして定義することにより、コンテキストの変化に対応し、かつ、意図に沿ったサービス提供をドライバビリティに基づき選択することが可能となる。

3. 関連研究

3.1 意図の合意に基づくサービス提供モデル

ユーザ間の合意した意図を獲得する研究として、移動する複数のユーザのコンテキストに着目し、合意のとれる意図の獲得モデルが提案されている[7]。この研究では、ユーザの意図をコンテキストに対する興味の大きさ、すなわち、優先度として捉え、ベクトル空間モデルを用いて意図を定義する。そして、ベクトル間の距離（内積）に基づき、ユーザ間の意図の距離を定量的に評価している。

しかし、この研究では、意図は一時的な状態として扱うため、意図の変化を捉えることができない。

3.2 ドライバの振舞いをモデル化する研究

ドライバに影響を与えるコンテキストをモデル化した研究として、ドライバの振舞いを運転のしやすさ（drivability）の観点から定量的に評価する方法が提案されている[9]。この研究では、ドライバの振舞いは、コンテキストと関連して時間と共に動的に変化すると考える。そして、ドライバの振舞いに影響を与えるコンテキストを以下の5つの貢献者（contributor）として特定し、それらの関係をモデル化している（図2）。

(1) 個人リソース(Individual resources)

個人リソースはドライバ自身の特徴を表す、精神状態、社会心理学的状態、物理的状态から成る。精神状態は、人間が状況を認知して行動に移すまでの認知過程を表す。社会的心理状態は、周囲の状況（社会行動や社会生活）によって影響される心理状態である。この研究ではドライバが運転する自動車の状態も個人リソースに含まれると考えるため、物理的状态には自動車のモータやセンサ、機能の協調を含む物理的な状態を表す。

(2) 知識/スキル(Knowledge/skill)

運転免許を取るための運転訓練や、運転経験だけではなく、ドライバのモチベーションや振舞いに影響を与える要素として一般知識も含まれる。また、自身のスキルに対する自己認識も含まれる。

(3) 環境要因(Environmental factors)

環境要因は、車外におけるドライバを取り巻く状況を表す。その要素として、他者が運転する自動車の状態、交通障害の存在、交通状態、天気、道路状態等がある。

(4) リスク認識(Risk awareness)

リスク認識は、特定の瞬間における特定のリスクを理解/認識する能力を表すリスク認知、時間内に危険に気付く能力を表す注意レベル、時間内に起こり得る危険に気付くための外部支援に分けられる。

(5) 作業負荷(Workload)

カーナビの入力や携帯電話の使用など運転以外の作業に対する負荷を表す。

また、貢献者から受ける影響度に基づき数式として表すことで、ドライバのドライバビリティを定量的に評価する。

この研究では、ドライバの運転の安全性を測る指標としてドライバビリティを定義しており、危険通知や制御の一部の代行等の外部支援を行う事で安全運転の向上を目指す。

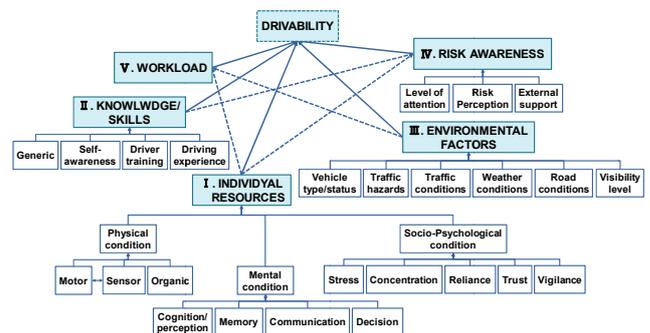


図2 ドライバの振舞いモデル

Figure 2 Drivability Model.

4. アプローチ

本研究のアプローチの全体像を図3に示す。研究課題のアプローチを以下に述べる。本研究はコンテキストアウェアネスの概念に基づき提案を行う[4]。

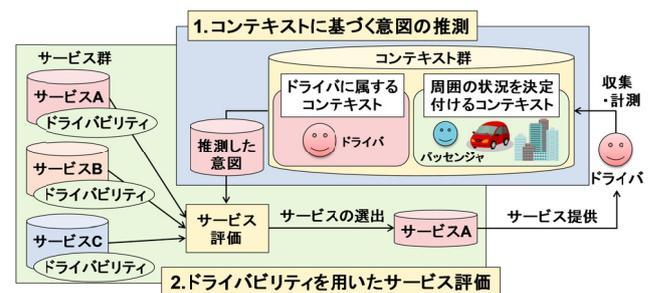


図3 アプローチの全体像

Figure 3 Overview of Approach.

4.1 コンテキストに基づく意図の推測

4.1.1 意図の定義

辞書によると意図とは、「何かをしようと考えている事柄」であり、人間の振舞いの原因とされている。本研究では、ユーザの意図を「ある時点におけるユーザの関心事」と定義し、ユーザに関与するコンテキストの属性値は意図を表すと考える。

ユーザの意図は、ユーザ自身への関心だけではなく、同じ空間に存在する他のユーザや、ユーザを取り巻く環境にも影響される。本研究では、ユーザに関するコンテキストを、「ユーザ自身に属するコンテキスト」と「周囲の状況を決めるコンテキスト」に大別し、意図のメタモデルとして意図を形成するコンテキストをモデル化する(図4)。図4より、ユーザ自身に属するコンテキストはユーザコンテキストから発見できる。また、周囲の状況を決めるコンテキストは、情報端末を表すコンピュータコンテキスト、周囲の自然環境等から成る社会環境コンテキスト、さらに他ユーザの持つコンテキストから発見できると考える。

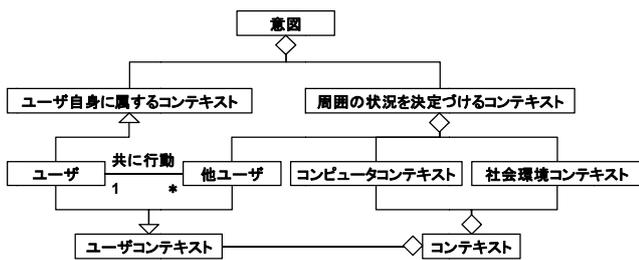


図4 意図のメタモデル
 Figure 4 Meta-Model for Intention.

4.1.2 意図ベクトル

本研究では、ユーザの意図はユーザに関するコンテキストの属性値が表していると考えられる。それらのコンテキストの属性値を重みとし、ベクトル空間モデルを用いて意図ベクトルとして意図をモデル化する(図5)。

全てのコンテキストを表すベクトル空間を n 次元とすると、意図ベクトルは m 次元の部分空間となる ($m \leq n$)。また、コンテキストは相互に複雑に影響し合い分離することは困難であるため、コンテキストの各軸は独立していない。

意図ベクトルで表された意図は、任意の時点における意図の状態を表している。そのため、意図の変化はコンテキストの属性値の変化によるものと考えられる事ができるため、意図の変化を定量的に扱う事ができる。

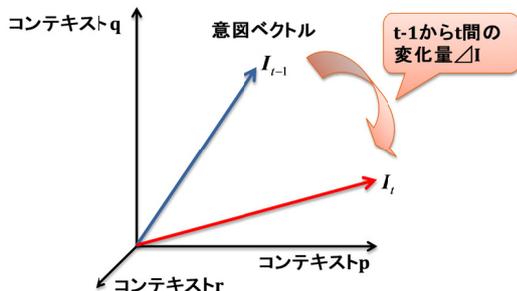


図5 意図ベクトル
 Figure 5 Intention Vector.

4.2 ドライバビリティを用いたサービス評価

意図に応じたサービスを選択するために、ドライバビリティ

ティを尺度として意図とサービス間のマッチングを行う。

4.2.1 ドライバビリティの定義

一般にドライバビリティは「運転のしやすさ」と定義されているが、ドライバの操縦に対する自動車の性能を指す場合が多い。しかし、ドライバの意図は、自動車走行の操作性や安全性だけではなく、道中の車内空間における快適性や、経路や目的地における自身の目的の達成にも関心がある。そこで、本研究では、ドライバビリティの概念を拡張し、「自動車または車載情報システムからのサービス提供によるドライバの意図の達成」と定義する。

ドライバビリティのメタモデルを図6に示す。図6では、ドライバの意図に対してサービスを提供することで意図が達成される関係を示している。サービスは、「情報提供」と自動車の振舞いを適応させる「システム適応」に大別し、ドライバの意図により類似したサービスを提供することで意図が達成できる[3]。本研究では、ドライバビリティをドライバの意図の達成尺度としてサービスを評価する。

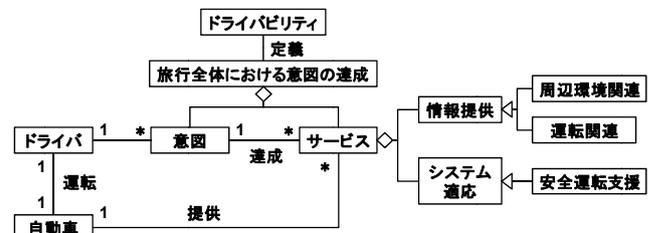


図6 ドライバビリティのメタモデル
 Figure 6 Meta-Model for Drivability

4.2.2 サービスベクトル

サービスと意図間の近さを評価するために、意図ベクトルと同様に、サービスもその特性を表すコンテキストの属性値を重みとし、サービスベクトルとしてモデル化する(図7)。そして、情報検索におけるコサイン尺度をドライバビリティとして意図とサービスの近さを評価する[8]。

ドライバの意図は時々刻々と変化するため、任意のサービスに対するドライバビリティは時間と共に変化する。

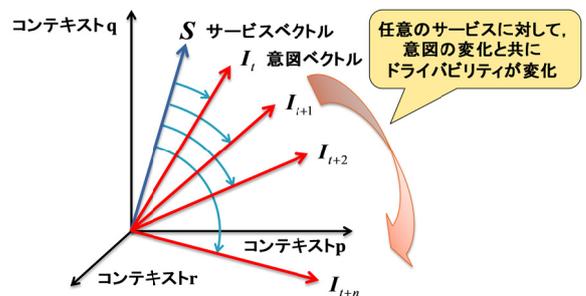


図7 意図の変化に伴うドライバビリティの変化
 Figure 7 Changes of Drivability along with Changes of Intention.

5. 意図に基づくサービス提供システム

5.1 意図に基づくサービス提供システムの構造

意図に基づくサービス提供システムの構造を図8に示す。提案システムは以下の構成から成る。さらに、サービス提供システムの内部の振舞いを図9に示す。本研究では、コンテキストは予め収集されていると仮定し、提案を行う。

(1) コンテキストモデル

収集された膨大なコンテキストの中から、ドライバに属するコンテキストと周囲の状況を決定づける取り巻くコンテキストを選別し、その関係をモデル化する。これにより、ドライバの意図に影響を与えるコンテキストが抽出できる。

(2) 意図の推測モデル

コンテキストモデルに基づきドライバの意図を推測する。ベクトル空間モデルを用いて、ドライバの意図を表すコンテキストをベクトルで表し、過去と現在の変化量からドライバの意図を推測する。

(3) サービスマッチングモデル

推測した意図を満たすサービスを選択するために、ドライバビリティを用いてサービスを評価する。最もドライバビリティの高いサービスをドライバに提供する。

5.2 コンテキストモデル

5.2.1 コンテキストの定義

本研究では図4の意図のメタモデルを基に、車内におけるサービス提供に関わるアクタに着目し、コンテキストを以下のように定義する[5]。

エンティティは、ユーザ、自動車、社会環境とし、それらの状態を既定できる何らかの情報をコンテキストとする。

ユーザに付随するコンテキストをユーザコンテキスト、自動車に付随するコンテキストを自動車コンテキスト、社会環境に付随するコンテキストを社会環境コンテキストとする。

(1) ユーザコンテキスト

ユーザコンテキストは運転を行うドライバと同乗するパセンジャから成り、自身の特性を示す個人情報等の属性を持つ。目的地や経路におけるユーザの目的は個人目的が表す。ドライバは運転の振舞いを示すドライバ特性を持つ。

(2) 自動車コンテキスト

自動車コンテキストはドライバが運転する自動車とカーナビから成る。カーナビは現在位置などの場所に関するコンテキストと現在時刻等の時間に関するコンテキストを含む。

(3) 社会環境コンテキスト

社会環境コンテキストは、自然環境、運転環境の他に、情報システムから提供されるサービスの集合を表すサービスコンテキストから成る。サービスコンテキストは、ユーザの関心毎に分類されている。目的に関するサービスは、目的地におけるユーザの目的に応じて必要な情報を提供するサービスである。また、車内空間の快適性を提供する車内環境に関するサービス、ドライバの安全な運転を支援する運転支援に関するサービス等がある。

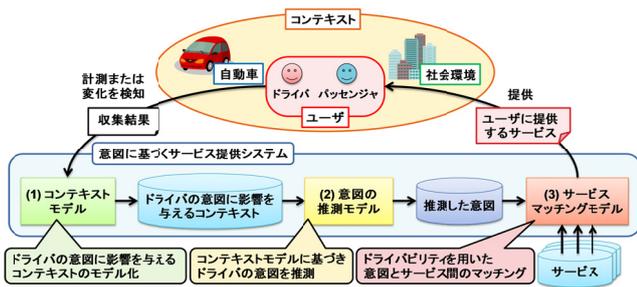


図8 意図に基づくサービス提供システムの構造
 Figure 8 Structure of the Service Providing System
 Based on the Intentions.

5.2.2 コンテキストの影響関係

前項のコンテキストの定義に基づき、ドライバに属するコンテキストと周囲の状況を決定づけるコンテキスト間の関係をモデル化する。

ドライバの意図はドライバに属するコンテキストと周囲の状況を決定づけるコンテキストから発見できると考える。ドライバ自身に属するコンテキストはユーザコンテキストから発見でき、ドライバ特性から運転に対する意図が発見できる。また、周囲の状況を決定づけるコンテキストは自動車コンテキストと社会環境コンテキストから発見できる。

表1では、周囲の状況を決定づけるコンテキストが変化した際に、ドライバに属するコンテキストへの影響関係を示す。ドライバの意図に影響を与えるコンテキストには“○”を、影響を与えないコンテキストには“—”を用いて評価する。例えば、社会環境コンテキストの運転環境の属性である交通状態のうち渋滞が発生した場合、ユーザコ

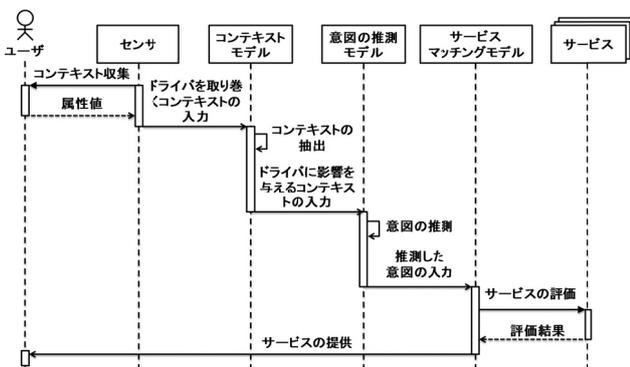


図9 内部の振舞い
 Figure 9 The Behavior of the Internal.

(1) サービスのベクトル表現

サービスは、その特性を表すサービスコンテキストの属性値を重みとし、ベクトル空間モデルを用いて、サービスベクトル S で表す。

(2) ドライバビリティを用いたサービス評価

ドライバの意図に合致またはより類似したサービスを提供することで意図が達成できたと考えるため、サービスがどの程度意図に類似しているかを評価する尺度として、ドライバビリティを用いる。

意図ベクトル I とサービスベクトル S と間の類似度をコサイン尺度で定義し、ドライバビリティ D とする。推測した意図を表す意図ベクトル I とサービス A のサービスベクトル S_A のドライバビリティ D_A を式(2)に示す。サービスの集合に含まれるサービスが m 個ある場合、式(2)を用いてそれぞれのドライバビリティ D の値を求める。

$$D_j(t) = \cos \theta_{I, S_j} = \frac{I_A \cdot S_j}{\|I_A\| \|S_j\|} \quad (2)$$

(3) 提供サービスの選出

意図ベクトル I とサービスベクトル S の2つのベクトルが類似しているほどコサイン尺度は最大値1に近づき、類似していない場合は最小値0に近づくため、ドライバビリティ D が最大値1に最も近いサービスを選択する。

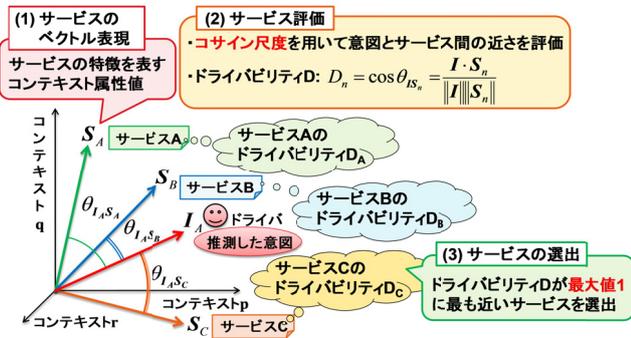


図 11 ドライバビリティによるサービス評価
 Figure 11 Service Evaluation Using the Drivability.

6. カーナビゲーションシステムへの適用

6.1 適用の概要

Google Maps を用いた仮想カーナビゲーションシステム(以下仮想カーナビと略記)に提案モデルを適用する。仮想カーナビ上で、目的地までの道のりに沿ってドライバの意図の変化に応じたサービス提供を評価する。

次の2つのシナリオに適用し、コンテキストの属性値として異なる値を仮定する。

- シナリオ 1 (レジャーのシナリオ) : 周囲の状況を決定づけるコンテキストが変化するシナリオを用いて、運

転に関するドライバの意図の達成を評価する。

- シナリオ 2 (通勤のシナリオ) : ドライバ自身に属するコンテキストが変化するシナリオを用いて、目的に関するドライバの意図の達成を評価する。

6.2 シナリオ 1 (レジャーのシナリオ)

目的地までの経路上で運転環境が変化した際に、ドライバの意図の変化を読み取り、意図に応じたサービスの提供を目的とする。ドライバとパッセンジャの計2名が、目的地の映画館に向けて正午に出発にし、30分後に事故による渋滞が発生するシナリオを仮定する。表2に示す Waypoints におけるコンテキストの属性値を仮定し、ドライバの意図を推測する。

表 2 シナリオ 1 の Waypoints
 Table 2 Waypoints of Scenario 1

| Waypoint | (1) | (2) | (3) | (4) |
|----------|-----|-----|-----|-------|
| 経過時間 | 0分 | 10分 | 30分 | 45分 |
| 状態 | 乗車時 | 発車時 | 渋滞時 | 渋滞通過後 |

(1) ドライバの意図の推測

乗車時、発車時、渋滞時のコンテキストの収集結果に基づき、ドライバの意図を推測する。

乗車時のドライバの意図は個人目標である「映画を見る」に関心があり、運転への関心はなかった。発車時の意図は運転への関心を示すドライバ特性が増加している。渋滞時、事故による渋滞が発生したため、ドライバ特性の社会的心理学的状態の属性値が増加し、ストレスに伴う集中力の低下がみられた。

(2) サービスマッチング

渋滞時におけるドライバの意図ベクトルに対して、表3に示す4つのサービスに対してドライバビリティを評価する。各サービスベクトルは、サービスの特徴を表すコンテキストの属性値を1、それ以外のコンテキストの属性値を0とする。ドライバビリティの評価結果を表3に示す。

表 3 渋滞時におけるサービスのドライバビリティ評価
 Table 3 Drivability Evaluation of Services at Traffic Jam

| サービス | サービスa 目的地に 関するサービス | サービスb 車内環境に 関するサービス | サービスc 車内に 関するサービス | サービスd 運転支援に 関するサービス |
|-----------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| サービスベクトル | S_a | S_b | S_c | S_d |
| ドライバビリティD | 0 | 0.71 | 0.71 | 1.0 |

(3) 適用結果

ドライバビリティ D の値が最大値1に近いサービスほど、ドライバの意図を満たしている。表2の4つのサービスのドライバビリティの中で最大値1に最も近いのはサービスd(運転支援に関するサービス)となる。よって、運転支援に関するサービスである「迂回路探索サービス」をドライ

バに提供する(図 12).

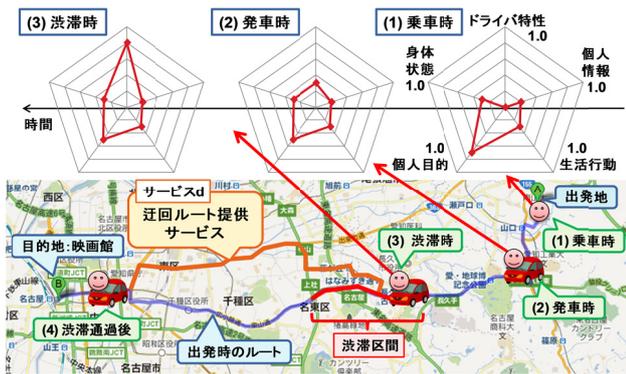


図 12 ドライバの意図に応じたサービス提供

Figure 12 Service Providing along with driver's intention

(4) 意図の変化に伴うドライバビリティの変化

シナリオ 1 への適用結果では、渋滞時の意図に対するサービス提供を例として挙げた。ドライバの意図は変化しているため表 3 の 4 つのサービスに対するドライバビリティも変化する (図 13)。渋滞時の意図に対してはサービス d (運転支援に関するサービス) から最も高いドライバビリティを得られたが、他の時点のドライバビリティは必ずしも高くない。

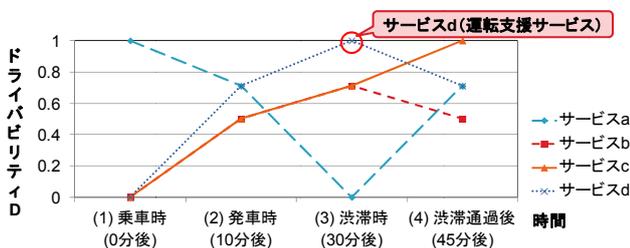


図 13 意図の変化に伴うドライバビリティの変化

Figure 13 Drivability along with Changes of Intention

6.3 シナリオ 2 (通勤のシナリオ)

時間の経過に伴うドライバに属するコンテキストの変化が発生した際に、ドライバの意図を読み取り、意図に応じたサービスの提供を目的とする。ドライバ 1 名が、勤務先の会社から自宅に向けて午後 19:00 に出発し、15 分後にドライバの身体状態に変化が発生するシナリオを仮定する。表 4 に示す Waypoints におけるコンテキストの属性値を仮定し、ドライバの意図を推測する。

表 4 シナリオ 2 の Waypoints

Table 4 Waypoints of Scenario 2

| Waypoint | (1) | (2) | (3) | (4) |
|----------|-----|-----|-----|-----|
| 経過時間 | 0分 | 5分 | 15分 | 50分 |
| 状態 | 乗車時 | 発車時 | 空腹時 | 食事後 |

(1) ドライバの意図の推測

乗車時、発車時、空腹時のコンテキストの収集結果に基づき、ドライバの意図を推測する。

乗車時のドライバの意図は運転への関心はないが、発車時の意図は運転への関心を示すドライバ特性が増加している。5 分後から 15 分後の意図にかけて身体状態の空腹度の急激な増加と、ドライバ特性のストレスが増加とそれに伴う集中力の低下がみられた。15 分後 (空腹時) の意図は個人目的の属性から「食事(ラーメン)」への関心がみられた。

(2) サービスマッチング

空腹時におけるドライバの意図ベクトルに対してサービスマッチングを行う。ドライバはラーメンへの関心がみられたため、経路周辺のラーメン店を検索した。その結果、7 軒のラーメン店が該当した。それぞれのラーメン店のメニューに着目し、サービスベクトルはメニューがあるものは属性値を 1、無いものは 0 とした。ドライバビリティの評価結果を表 5 に示す。

表 5 空腹時におけるサービスのドライバビリティ評価

Table 5 Drivability Evaluation of Services

| 店舗名 | 店A | 店B | 店C | 店E | 店F | 店G | 店H |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| サービスベクトルS | S _A | S _B | S _C | S _E | S _F | S _G | S _H |
| ドライバビリティD | 0.41 | 0.29 | 0.52 | 0.52 | 0.33 | 0.67 | 0 |

(3) 適用結果

例題 1 と同様に、ドライバビリティ D の値が最大値 1 近いラーメン店を選出する。その結果、店 G が最大値 1 に最も近いため、ドライバの意図に最も近いラーメン店であると考えられる。よって、ラーメン店 G を経由する経路をドライバに提案する (図 14)。



図 14 ドライバの意図に応じたサービス提供

Figure 14 Service Providing along with driver's intention.

(4) 意図の変化に伴うドライバビリティの変化

シナリオ 2 の適用結果では、空腹時の意図に対してラー

メン店を経由する経路の提案を行った。このサービスは例題1のサービスa(目的地に関するサービス)に該当する。図15には、乗車時、発車時、空腹時、食事後のドライバの意図に対して、例題1で挙げた4つのサービスに対するドライバビリティの変化を示す。食事後の意図に対するサービスのドライバビリティは、ドライバは食事を終えたためサービスaのドライバビリティは減少し、サービスc(車両に関するサービス)やサービスd(運転支援に関するサービス)のドライバビリティが増加している。このように、ドライバの意図が達成されれば、提供されたサービスに対するドライバビリティは低下する。

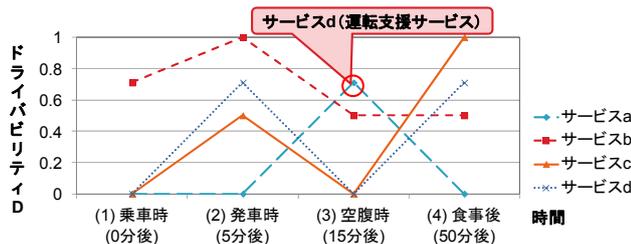


図 15 意図の変化に伴うドライバビリティの変化
 Figure 15 Drivability along with Changes of Intention

7. 提案方法の評価と考察

7.1 適用の評価

シナリオ1では、周囲の環境を決定づけるコンテキストが変化するシナリオを用いて、運転に関するドライバの意図の達成を評価する。適用の結果、渋滞という予期しない運転環境の変化に対して、渋滞の発生前と発生時のドライバの意図を比較し、意図の変化量と運転環境を関係づけることで、ドライバの意図を推測することができた。この意図に対して、4つのサービスの中から運転に関連する属性を持つサービスとマッチングを行うことで、ドライバの運転を支援するサービスを提案することができた。これにより、運転に関するドライバの意図を達成できたと考える。

シナリオ2では、ドライバ自身に属するコンテキストが変化するシナリオを用いて、目的に関するドライバの意図の達成を評価する。適用の結果、時間経過に伴いドライバの空腹度が増加したため、ドライバの食べたいものに最も近いラーメン店を提案した。これにより、ドライバは「食べる」という目的を達成するだけでなく、自分が食べたいものにより近いラーメン店を提案することで、より意図を満足できたと考える。

7.2 研究課題に対する評価

(1) コンテキストの影響による意図の変化の理解

ドライバの意図を理解するために、ドライバに属するコンテキストと周囲の状況を決定づけるコンテキスト間の影響関係をモデル化し、ドライバ特有の意図の獲得が可能と

なる。また、ベクトル空間モデルを用いることで意図の定量的な評価が可能となる。

(2) 意図に応じたサービス提供の構築

運転に対する意図のみに着目したドライバビリティの概念を、旅行全体における意図の達成として拡張することで、より高いドライバビリティを提供できる。

また、サービスの特性を表すコンテキストをベクトルで表し、意図ベクトル間のコサイン尺度で定義することで、意図とサービスの類似度を評価できた。

8. 今後の課題

意図の推測では、過去と現在のコンテキストの変化量から現在のユーザの意図を推測した。変化量を過去のコンテキストの属性値と現在のコンテキストの属性値の差として定義したが、コンテキストの属性により同じ変化量でも意味が異なる場合があると考えられる。そのため、変化量を持つ意味を考慮し、過去と現在の特定のコンテキストの属性値の差分を利用するのか、コンテキスト空間における変化の推移を用いる必要があるのか検討が必要である。

9. まとめ

本研究では、ドライバビリティを向上させるサービス提供モデルを提案するために、意図の推測に基づき、ドライバのドライバビリティを向上させるサービス提供モデルを提案した。そのため、ドライバに属するコンテキストと周囲の状況を決定づけるコンテキストから、ドライバの意図を推測した。また、ドライバビリティをドライバの意図の達成指数としてサービスを評価した。これにより、ドライバの意図と整合のとれたサービス提供が可能となった。仮想カーナビゲーションシステムに適用することで、提案モデルの妥当性を示した。

参考文献

- 1) M. Aoyama, Computing for the Next-Generation Automobile, IEEE Computer, Vol. 45, No. 6, Jun. 2012, pp. 32-37.
- 2) 土井 俊一, ドライバ特性を踏まえた運転支援, 自動車技術, Vol. 67, No.2, Feb. 2013, pp. 4-10.
- 3) G. Fischer, Context-Aware Systems-The 'Right' Information, at the 'Right' Time, in the 'Right' Place, in the 'Right' Way, to the 'Right' Person, Proc. ACM AVI 2012, May 2012, pp. 287-294.
- 4) 藤波 香織, 分散コンテキストウェアシステムに関する研究, 早稲田大学院理工学研究科博士論文, Mar. 2005.
- 5) O. Inbar, et al., Make a Trip an Experience: Sharing In-car Information with Passengers, Proc. ACM CHI 2011, May 2011, pp. 1243-1248.
- 6) S. Loke, Context-Aware Pervasive Systems, Auerbach, 2006.
- 7) K. Maki, et al., Kikubari: A Model for Provisioning Dynamic Context-Aware Services Based on the Intentions, Proc. IEEE GCCE 2012, Oct. 2012, pp. 170-174.
- 8) C. D. Manning, et al., Introduction to Information Retrieval, Cambridge University Press, 2008.
- 9) M. Panou, et al., Modelling Driver Behaviour in Automotive Environments, Springer, 2007.