

料理イベント支援のためのコミュニケーションプランニングの提案

A Proposal of communication planning for dish event support

三戸誠 浜口和也*1 藤本久慶*2 菱山玲子
 Makoto SANDO Kazuya HAMAGUCHI Hisayoshi FUJIMOTO Reiko HISHIYAMA

早稲田大学大学院創造理工学研究科経営システム工学専攻
 Graduate School of Creative Science and Engineering, Waseda University

The new intelligence system named Ambient Intelligence (AmI) is now in the limelight. In this AmI environment, when multiple people in various situations cooperate mutually, it is necessary to support simultaneously and with effect. Furthermore peoples' context and activities will change continuously, so it is also necessary to achieve dynamic corresponding. In this paper we propose the planning agent to enable context-aware service composition. The planning agent creates plans dynamically to support multiple people who exist in different environment. In the experiment we adopted the dish event scenario and the planning agent allot multiple people collecting tasks of ingredients.

1. はじめに

近年、情報家電をはじめとした人を取り巻く多様なデバイスがコンピュータ化され、ユーザ状態を感知するセンサ等を含めたネットワーク環境が実現されつつある。そのような環境内でユーザの行動状況や目的を高精度に把握することが出来れば、ユーザ状況に応じた有益な支援サービスの実現につながると考えられる。このような背景のもと、ユーザ状況を自律的にセンシングし、そのユーザ目的を推論することで、知的で有益な働きかけを環境側から行う環境知能 (Ambient Intelligence, AmI) [1] という新しい知能システムが注目され始めている。環境知能では、ユーザへのより良い支援のためにエージェント技術を適用している例も存在する。そこで本研究では、状況に応じたプランを動的に生成・実行することを特徴としたプランニングエージェントを AmI 環境に導入する。プランニングエージェントは、RFID や GPS 等のセンシング技術を用い、収集した情報からユーザ状況を考慮した有益な支援までのプランを動的に生成する。本研究では特に、実環境でプランを動的に生成・実行し、実行結果に対して人による対話的な評価を行うことで、人間中心のプランの精練をめざす。なお、本研究において適用するシナリオは、複数のユーザが食材の収集や料理を行うイベントを想定している。

2. 関連研究

服部ら [2] は、ユーザの位置情報や店舗の立地状況から最適なタイミングで買い物リストを提供する買い物支援エージェントを構築している。しかし、冷蔵庫の在庫管理は手動での入力であるため、食材の登録作業に労力がかかる。また、対象ユーザが買い物を行う一人ユーザのみであるため、複数ユーザへ適用した場合に想定されるユーザ間、エージェント間の相互作用や問題までは考慮できていない。

連絡先: 三戸誠, 早稲田大学大学院創造理工学研究科,
 sando(at)fuji.waseda.jp

*1現在は株式会社公共計画研究所に勤務。

*2現在は株式会社エヌ・ティ・ティ・データに勤務。

3. 提案

3.1 提案システム

本研究では、RFID を用いた自動認識技術によって冷蔵庫在庫管理の労力を無くし、プランニングエージェントの導入によって食材やユーザの状況などの動的に変化する環境への対応を可能にしている。提案システム概念図を図1に示す。

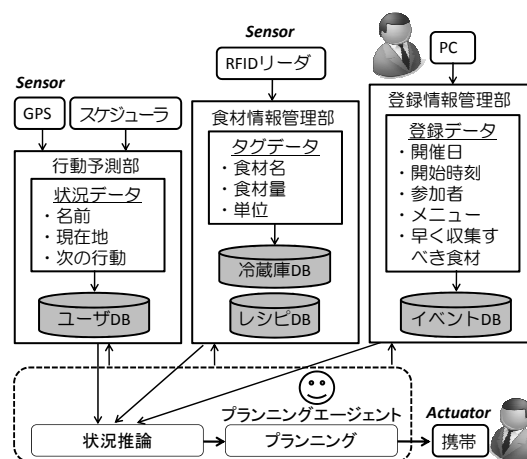


図1: 提案システム概念図

プランニングエージェントは行動予測部, 食材情報管理部, 登録情報管理部と協調しながらプランを生成し、ユーザに食材収集の依頼を行う。行動予測部では、ユーザの位置情報をGPSログデータから取得し、スケジュールとの共起関係から行動パターンを作成する。その行動パターンと現時点までの行動パターンとのマッチングにより次行動の予測を行う。食材情報管理部では、食材に付与したRFIDタグから食材名やその量を自動認識し、食材の出入庫の際に冷蔵庫データベースに格納される。登録情報管理部では、ユーザが入力した参加者や開催日などのイベントに関する情報を管理し、プランニングエージェントからの問い合わせに適宜情報を提供し更新する。

3.2 行動予測

3.2.1 学習フェーズ

(1) 滞在場所生成

ある日 i に取得された GPS データを $L_i = \langle l_{i1}, l_{i2}, \dots, l_{in} \rangle$ と表す. l_{ij} は一回の計測によって得られたデータを表しており, $l_{ij} = [t_{ij}, x_{ij}, y_{ij}]$ とする. t_{ij} は時刻, x_{ij} は緯度, y_{ij} は経度を表す. L_i から滞在場所を抽出するため, DBSCAN アルゴリズム [3] を適用する. 本手法の特徴はポイント間の距離と対象数の閾値を変化させ, 任意の形状のクラスタを抽出できることである. これによりユーザが一定時間以上滞在した場所の集合 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ を得る. m は抽出されたクラスタの総数を表す.

(2) 滞在系列作成と行動パターン生成

得られた C を用いて, 滞在場所を時刻順に並べた滞在系列を $R_i = \langle r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{i|R_i|} \rangle$ とし, 日 i の行動を表す. r_{ij} は $[c_{ij}, T_{ij}^b, T_{ij}^e]$ とし, c_{ij} は日 i に j 番目に滞在した場所, T_{ij}^b は滞在開始時刻, T_{ij}^e は滞在終了時刻を表す. 学習期間 21 日分の滞在系列に対し, 系列パターン抽出アルゴリズムである prefixspan[4] を適用し, 頻出行動パターン $P_k = \langle v_{k1}, v_{k2}, \dots, v_{k|P_k|} \rangle$ を得る. 各 v_{kj} は $[c_{kj}, \bar{T}_{kj}^b, \bar{T}_{kj}^e]$ である. $\bar{T}_{kj}^b, \bar{T}_{kj}^e$ はそれぞれ $\{R_1, R_2, \dots, R_N\}$ 中でパターン P_k が出現したときの滞在場所 c_{kj} での平均滞在開始・終了時刻である. N は学習期間の日数を表す.

(3) スケジュール文字列との共起関係学習

スケジュールの文字列と生成されたクラスタとの共起関係をベイズ識別器の事後確率計算式 (1) によって定義する.

$$P(c_i|w_j) = \frac{P(c_i)P(w_j|c_i)}{\sum_{i=1}^{|c|} P(c_i, w_j)} \quad (1)$$

$P(c_i|w_j)$: スケジュールに w_j の記述があった後に滞在場所 c_i が出現する事後確率.

$P(c_i)$: 滞在場所 c_i が学習期間中に出現した確率.

$P(w_j|c_i)$: 滞在場所 c_i にいた際にスケジュール文字 w_j が記述されていた確率.

$P(c_i, w_j)$: 滞在場所 c_i とスケジュール文字 w_j が共に出現する確率.

スケジュールから滞在場所を判別する際に事後確率が最大の場所を出力し, マッチングスコアの計算を行う.

3.2.2 予測フェーズ

ある日の t_{now} 以降を予測するとし, t_{now} までの GPS データ, t_{now} 以降のスケジュールデータを取得する. 時刻 t_{now} 以前に滞在した場所の系列を $\hat{R} = \{\hat{r}_1, \hat{r}_2, \dots, \hat{r}_{|\hat{R}|}\}$, 開始時刻が t_{now} 以降であるスケジュール集合を $\hat{S} = \{\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_{|\hat{S}|}\}$ とし, その日の行動系列とする. また, $\hat{r}_i = [\hat{c}_i, \hat{T}_i^b, \hat{T}_i^e]$, $\hat{s}_j = [\hat{w}_j, \hat{T}_j^b, \hat{T}_j^e]$ である. パターン P_k と \hat{R}, \hat{S} との合致度合いをマッチングスコア式 (2) として定義する.

$$score(P_k, \langle \hat{R}, \hat{S} \rangle) = Prob(P_k') \left((1-w) \sum_i^{|\hat{R}|} rscore(P_k, \hat{r}_i) + w \sum_j^{|\hat{S}|} sscore(P_k, \hat{s}_j) \right) \quad (2)$$

$rscore(P_k, \hat{r}_i)$: t_{now} 以前の滞在場所がパターンと合致しているかを表す. パターン P_k 中に \hat{r}_i と同じ滞在場所で滞在開始/終了時刻に重なりがあり, かつ時間幅の距離が閾値以下の場合に 1, そうでない場合は 0 を与える.

$sscore(P_k, \hat{s}_j)$: t_{now} 以降の滞在場所がパターンと合致しているかを表す. \hat{s}_j と同滞場所, 閾値以下の滞在時刻であればスケジュール文字列の事後確率 $P(c_i|w_j)$ を, そうでない場合は 0 を与える. w : \hat{R} と \hat{S} の影響の度合いを調節するウェイトであり, $0 \leq w \leq 1$ とする. (0: GPS のみ, 1: スケジュールのみ)

3.2.3 曜日ウェイトの設定

西野ら [5] が提案している GPS ログとスケジュールデータによる行動予測手法では $Prob(P_k)$ を (各行動パターンの出現回数)/(全行動パターンの出現回数) で与えているが, 本研究では曜日の重みを考慮した新たな $Prob(P_k')$ (4) を用いた.

$$P_k' = \alpha P_{k,1} + \beta P_{k,2} + \gamma P_{k,3} \quad (3)$$

$$Prob(P_k') = \frac{P_k'}{P_1' + P_2' + \dots + P_M'} \quad (4)$$

M はパターンの総数を, $P_{k,l}$ は出現した回数を表す ($l=1$ のとき同曜日に出現した回数を, $l=2$ のとき同曜日以外の平日 or 休日に出現した回数を, $l=3$ のときその他に出現した回数) を表している. 予測日が平日の場合, 同曜日に出現した回数に対するウェイトを α , 他の平日に出現した回数に対するウェイトを β , 休日に出現した回数に対するウェイトを γ とする (予測日が休日の場合は他の休日に対するウェイトを β , 平日に対するウェイトを γ とする.) 以上により, 過去の滞在場所と未来のスケジュールがパターンと合致している度合いをマッチングスコアによって評価できる. スコアが最大のものを選択し, t_{now} 以降の行動とした.

3.3 プランニングエージェントの機能

プランニングエージェントの機能は次の 5 つに細分化される.

1. ユーザ状況照会機能

ユーザ状況照会機能は, ユーザの現在地と次行動情報を行動予測部に問い合わせ取得する機能である. 行動予測部から受け取ったこれらの情報は照会情報類別機能へと渡される.

2. 照会情報類別機能

照会情報類別機能は, ユーザ状況照会機能によって得られたユーザの現在地と次行動の情報から, ユーザを 3 つの依頼者候補グループに類別する機能である. 類別するグループは以下の 3 つである.

持ち込み依頼者候補 (自宅 大学)

自宅にある食材の持ち込みが可能であるユーザのグループ. 自宅にある食材の持ち込みが達成できた場合, イベントにかかる費用が軽減されることから 3 つの依頼者候補グループの中で最初に依頼をかける.

買い込み依頼者候補 (自宅以外 大学)

イベント会場に向かう際に店舗での食材購入が可能であるユーザのグループ. 買い出しに行くよりも食材を買い込むことが出来ればより効率が良いため, 持ち込みの次に依頼をかける対象である.

買い出し依頼者候補 (大学 大学)

イベント開始まで会場に滞在していることが予想されるユーザのグループ. 持ち込み依頼, 買い込み依頼でも食材の収集が達成出来なかった場合に依頼をかける対象である.

3. 必要食材リスト作成機能

必要食材リスト作成機能は、登録情報管理部より得たメニューや参加者などの情報と、食材情報管理部より得た冷蔵庫在庫情報やレシピデータからイベントに必要な食材を推論し、そのリストを作成する機能である。

4. 不足食材リスト作成機能

不足食材リスト作成機能は、イベントに必要な食材であるが、冷蔵庫に在庫がない食材に関するリストを作成する機能である。不足食材収集機能によって集まった食材は、随時 RFID リーダでその食材名や量を読み取り、リストを更新していく。

5. 不足食材収集機能

不足食材収集機能は、照会情報類別機能によって類別されたユーザに対して、不足食材リストにある食材の収集依頼をかける機能である。また、ユーザの携帯に送信する依頼メールを依頼方法とした。

3.4 プランニング処理

本研究では、エージェント単体のプランだけではなく、人間とエージェントが協調する環境下でのプランニングが必要である。すなわち、個々の人間（ユーザ）の行動計画とともに、エージェントとユーザ間など個々のプラン同士の相互作用までを含めたプランニングが必要となる。本研究では以下の手順に沿ってプランを構築する。

1. 初期プランの生成

環境の変化が無い場合に実行される初期プランを各動作の順序関係とその相互作用まで記述する。図 2 はプランニングエージェントの初期プランを示したものである。

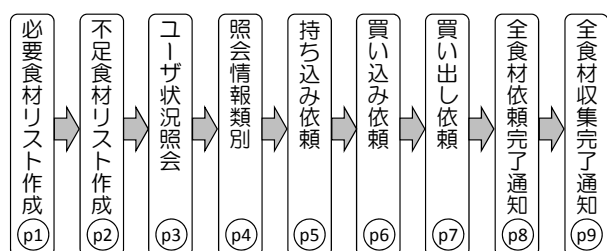


図 2: 初期プラン：プランニングエージェント

2. 各動作の前提・中間・事後条件の設定

初期プランを生成したら次にプラン内の各動作の前提・中間・事後条件を設定する。生成された初期プラン内の行動は、これら全ての条件が満たされた場合にのみ実行へと移される。

3. 動的環境変化への対策

最後に、例えば「依頼したのに返信がない事態」など初期プランやその生成条件から逸脱した状況に直面した場合の対策を条件文として記述することで動的環境変化への対策とした。

4. 実験

4.1 実験概要

本研究の有効性を検証するために、異なるユーザやユーザ状況の下 3 回の実験を行った。各実験のアンケート結果からエージェントの改善や新たな機能を加えることで対話的にエージェントを精練していく形で実験を進めていった。エージェントは返信内容によって複数回の依頼を行うが、押しつけがましい依頼とならないよう同ユーザに 3 回以上依頼がないように設定した。

4.2 結果

プランニングエージェントが生成したプランと依頼時刻、状況変化に対応した軌跡を図 3 に示す。また、各実験後に加えたエージェントの改善および新機能に関しては、経緯とともに以下に示す。

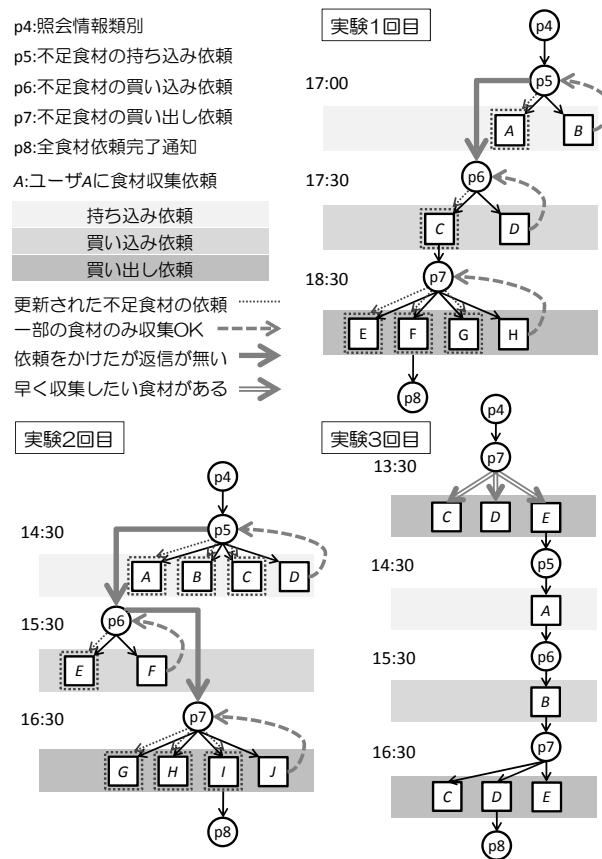


図 3: 生成プラン

4.2.1 実験 1 回目

生成されたプラン

5 名のユーザからの食材の収集が行われ、不足していた全食材の収集は達成されたものの、イベントが開始出来た時刻は、予定から 35 分遅れる結果となった。生成されたプランは、「一部の食材のみ収集可能である」という状況変化が多く発生したため、初期プランに比べて依頼数が全体で 5 回増加した。

実験後のアンケートとエージェントに加えた改善

実験後のアンケートでは「依頼された食材量が多すぎたために会場まで食材を運ぶ労力がかかった」という指摘があったため、実験後に依頼する食材量の負担軽減（ユーザー一人に依頼する食材量を全量の 1/3 に低減）する改善をエージェントに加えた。また、予定開始時刻を大幅に遅れた結果から依頼開始時刻を早める修正も加えた。

4.2.2 実験 2 回目

生成されたプラン

イベント予定開始時刻から 16 分遅れての開始となったが、実験 1 回目と比較して多少の改善が見られた。生成されたプランは実験 1 回目と同様の「一部の食材のみ収集可能である」という状況変化が多く発生したため、依頼数が 5 回増える結果となった。また、「依頼の返答が無い」という状況も 2 度出現したがエージェントは動的に対応している。

実験後のアンケートとエージェントに加えた改善

実験後のアンケートでは、実験 1 回目終了後に加えた依頼する食材量のユーザ負担軽減について「依頼する食材の量を低減しても品数が多ければ結局負担が大きい」という指摘があった。このことから依頼量を食材量の 1/3 から品数の 1/3 に修正した。さらには、予定開始時刻までに確実にイベント準備が完了するように、仕込みや準備に時間のかかる食材を優先的に集める機能をエージェントに加えた。

4.2.3 実験 3 回目

生成されたプラン

実験 3 回目では、予定していたイベント開始時刻までには食材の収集および準備を完了させることが出来た。生成されたプランは、早く収集したい食材があったため、初期プランに比べて依頼数が 3 回増加する結果となった。

実験後のアンケート

実験後のアンケートでは「単位の表現が依頼内容と店舗とは違いがあった」という指摘もあり、これらはエージェントの改善項目として今後の課題の参考となった。

5. 考察

本章では、導入したプランニングエージェントの有効性を検証することとする。生成されたプランや、エージェントシステムがユーザにとって有益であるか、また何が足りないかという視点で分析を行った。具体的には「ユーザ状況にあった食材収集が出来ていたか」など、20 個のエージェント評価項目を用意し、その重要度と現状での満足度を 0~5 の 6 段階で回答してもらい評価対象とした。表 1 は、用意したエージェント評価項目の一例である。

表 1: エージェント評価項目

No	プランニングエージェント評価項目
1	参加する人数に見合った量の食材を推論する
2	早く準備が必要な食材が優先的に集まる
3	ユーザの状況にあった食材収集ができる
4	イベントの際冷蔵庫在庫の確認がいらぬ
5	開始予定時刻にイベントを開始できる

5.1 性能評価

図 4 はそれぞれ実施した 3 回の実験のエージェント評価をプロットした散布図であり、表 2 は、重要度平均・満足度平均・重要度と満足度の相関係数を表したものである。

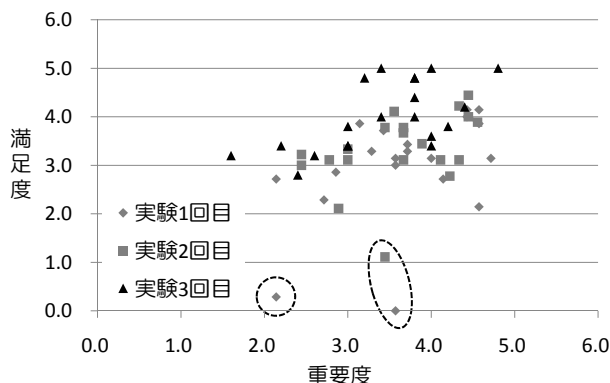


図 4: 実施した 3 実験の重要度と満足度

表 2: エージェント評価

	重要度平均	満足度平均	相関係数
実験 1 回目	3.66	3.00	0.43
実験 2 回目	3.62	3.32	0.41
実験 3 回目	3.42	4.00	0.62

図 4 や表 2 から分かる通り、満足度は実験を重ねるたびに向上している。これは実験後にエージェントに加えた改善や新機能が性能の向上や適切なプランの構築につながり、ユーザ満足度を向上させたものと考えられる。なお、図 4 の点線部は、実験 1 回目や 2 回目ではエージェントに備わっていなかった機能に関する評価項目であるため満足度が低くなっている。

実験 3 回目では相関係数の値が 1 に近く、最も正の相関が強い結果となった。これは、実験 3 回目にかけて重要度の高い評価項目ほど満足度も向上した結果であると考えられる。よって、ユーザがエージェントに求めている性能に対して実験 3 回目にかけて的確に改善が行えたといえる。

また、表 2 から実験 1 回目から 2 回目にかけて相関係数の値がやや減少していることも分かる。満足度は向上しているにもかかわらず相関係数が減少していることから、実験 1 回目から 2 回目にかけて行ったエージェントの改善（食材の依頼量を全量の 1/3 とし、ユーザの負担を軽減する改善とイベントにかかった料金の精算を行う会計機能）がユーザにとってエージェントにあまり求められていない、やや重要度の低い項目であった可能性がある。

6. おわりに

本研究では、動的状況に対応したプランニングエージェントを日常に則したシナリオに導入し、その効果を示した。また、本研究においてプランニングエージェントが単体で処理していた様々なタスクを複数のエージェントに分担・協力させることで、より複雑で大規模なシナリオへの適用も可能になると考えられる。今後の課題としては、エージェント自身が過去のプランを学習し、プラン生成の際に自律的に改善するような設計へとプランニングエージェントを拡張することが考えられる。

参考文献

- [1] 前田栄作, 南泰浩, 堂坂浩二: 妖精・妖怪の復権 - 新しい「環境知能」像の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.6, pp.624-640, 2007
- [2] 服部正典, 大須賀昭彦, 関俊文, 一色正男, 本位田真一: ユビキタスパーソナライズエージェントによる買物支援サービスの実証実験, 電気学会論文誌 C(電子・情報・システム部門誌), Vol.123, No.11, pp.2010-2019, 2003
- [3] M. Ester, H.P Kriegel, J.Sander and X.Xu: A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise, *Proceedings of 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96)*, pp.226-231, 1996
- [4] J. Pei, J. Han, B. Mortazavi-Asl, H. Pinto, Q. Chen, U. Dayal and M-C. Hsu: PrefixSpan: Mining Sequential Patterns Efficiently by PrefixProjected Pattern Growth, *17th International Conference on Data Engineering (ICDE'01)*, pp.215-224, 2001
- [5] 西野正彬, 中村幸博, 武藤伸洋, 阿部匡伸. あいまいな表現を含むスケジューラデータと GPS データを利用した行動予測手法の検討, 電子通信情報学会技術研究報告, Vol.109, No.450, LOIS2009-91, pp.73-78, 2010