JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	状況情報の明度を抑えたプライバシ保護手法の提案と評価
Author(s)	内田，達人；敷田，幹文；國藤，進
Citation	情報処理学会論文誌，49(1)：35-44
Issue Date	2008-01-15
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/7762
Rights	社団法人　情報処理学会，内田達人／敷田幹文／國藤進，情報処理学会論文誌，49(1)，2008，35-44．　ここに掲載した著作物の利用に関する注意：本著作物の著作権は（社）情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.
Description	

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

状況情報の明度を抑えたプライバシ保護手法の提案と評価

内田達人[†1] 敷田幹文[†2] 國藤進[†3]

携帯端末によるコミュニケーションの一般化は，それ以前の固定端末を用いたコミュニケーションから時間や場所の制約を排除した．これにより，送信者のメッセージ送信に対する抵抗感は減少した．また，受信者が連絡を受ける状況が多様化したため，送信者が受信者の状況を推測することが困難になり，受信者の状況への不適切な介入が行われるようになった．このような背景を受け，受信者の状況を構成する状況情報を用いた研究によって受信者の支援が行われている．しかし，状況情報は受信者の個人情報であるため，支援効果とプライバシの保護がトレードオフの関係を形成する．したがって，プライバシの意識が低い環境での有効な支援や，ユーザ間で情報格差の問題が起こりかねないプライバシ保護というように，両者を同時に実現するのは困難である．この問題に対して，我々は状況情報による支援対象を明確にし，その対象への支援を強化することで，方式内の状況情報の明度を抑えるプライバシ保護手法を提案する．そして，提案手法を協調作業のコミュニケーションの段階に適用した．本稿では，状況に付随する支援資源を取り入れることにより，通信可能性の高いメディアを提供する方式の評価を行った．評価実験の結果から，状況に付随する資源による明度の抑制と，従来方式と同等の支援効果を確認した．さらに，状況情報の明度を抑えることによって受信者のプライバシは保護された．これにより，状況情報を用いた支援における，支援効果とプライバシ保護の両立を実現した．

A Method of Protecting Privacy by Suppressing the Amount of Context Information

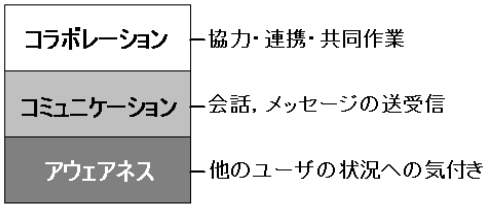
Tatsuhito Uchida,[†1] Mikifumi Shikida[†2] and Susumu Kunifuji[†3]

Communication by mobile terminal has become popular because it removes the time and place restrictions that are imposed by fixed terminals. In addition, diversification of the circumstances in which the receiving party receives a communication make it is difficult for the caller to guess the receiving party's circumstances, and the communication may become an inappropriate intrusion on the receiver's situation. With that background in mind, we are doing research with context information that consists of the receiving party's circumstances. However, context information is personal information about the receiver, so there is a trade-off between the effectiveness of the aid and the protection of privacy. Accordingly, it is difficult to achieve both effective support in an environment of low awareness of privacy and protection of privacy so that the problem of a disparity of information can occur at the same time. To cope with that problem, we propose a privacy protection method that reduces the amount of the context information within the system by clarifying what the context information is to support and strengthening support for that. We have applied the proposed method to communication in collaborative work. In this paper, we evaluate a system for providing media that has a high probability of communication by adopting support materials that are incidental to situations. The result of the evaluation experiment confirmed that amount of information was controlled by these materials. And, we also confirmed support effect at the same as the related method. Thus, we achieve both effective support using context information and protection of privacy.

†1 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科
School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
†2 北陸先端科学技術大学院大学情報科学センター
Center for Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
†3 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

1. はじめに

近年の携帯端末の普及は，それ以前の固定端末を用いたコミュニケーションから時間や場所の制約を排除した．これは，遠隔会議のような分散環境下でのコミュニケーションを促進する要因となっている．しかし，携帯端末の普及により，受信者個人に直接コミュニケーションを行えるようになったため，メッセージ



［出典：石井裕，『CSCW とグループウェア—協創メディアとしてのコンピュータ』，オーム社 (1994)．p.108 の図 10.2 を修正転載］

図 1 協調作業の階層構造
Fig. 1 Class structure of collaboration.

を送ることに対する送信者の抵抗感は減少した．その一方で，受信者が連絡を受ける状況が多様化したため，送信者が受信者の状況を推測することが困難になり，受信者の状況への不適切な介入が行われるようになってきている．これは，相手の状況に対するアウェアネス不足の問題[1] を表している．このような背景を受け，受信者の詳細な状況情報を使用し，受信者の状況へ支援を行う研究[2)–7)] が数多く行われている．

しかし，これらの研究で用いられる状況情報は受信者にのみ依存する情報であるため，これを単体で用いた支援を行うとコミュニケーションの主体が受信者側へ寄る可能性がある．また，状況情報は受信者の個人情報であるため，支援効果とプライバシの保護がトレードオフの関係を形成する．つまり，状況情報を共有することによって受信者への支援を行っている研究[2)–4)] では，詳細な状況情報を共有することや，誰にその情報を見られているか分からないことによる不安からプライバシの問題が存在する．また，ユーザのルールで状況情報の公開範囲を制御しプライバシ保護を実現した研究[8)] では，参照するユーザ間に情報格差が生じる可能性があるため，支援効果にも差が発生する可能性を持つ．

上記の問題に対し，我々は状況情報による支援の対象を明確にし，それを強化することで方式内の状況情報の明度を抑え，ユーザに負担をかけないプライバシ保護手法を提案する．そして，協調作業の中間層（**図 1**）に位置し，ユーザ間の情報交換や意思疎通を行うコミュニケーションの段階において評価実験を行う．これは，グループ内のコミュニケーションを活性化することにより，コラボレーションを円滑に行う環境を整えるためである．さらに，評価実験の結果から提案手法の有効性について検証し，状況情報を用いる支援のトレードオフの問題や，状況情報を単体で使用しないことのメリットについて議論を行う．

なお，本稿における状況とは，対象者・時間・場所・理由・手段・行為という 6 つの要素からなる基本要素と，コミュニケーションメディアの利用可能性のような基本要素以外の付加的な情報からなる拡張要素の 2 種類を統合したものである[1),9)]．これらの情報は，各種のセンサやスケジュール管理サーバなど複数の情報源から収集される．この方式によって得られた状況情報は，単一資源を利用したものより，状況把握において有効であることが確認されている．また，本稿における「明度」は状況情報がユーザ間で共有される度合いを表し，「送信者」はメッセージの送り手を，「受信者」はメッセージの受け手を意味する．さらに，「プライバシ」は詳しい状況情報を知られることの不安や，情報を誰に知られているか分からないことへの不安を意味する．

2. 関 連 研 究

位置情報などの状況情報を共有することで，受信者へ支援を行う研究がさかんに行われている．受信者の状況情報を共有するシステムとして，CAMT[3)] や ActiveBadge[4),5)]，Devora[10)] などがある．また，状況の共有と通信メディアの提供を行うシステムとして，行き先ボード[2)] や CAMS[6),7)] などがある．CAMT は，受信者が携帯電話から入力した状況情報を共有することで，会議中などにおける不適切な連絡の削減を行うシステムである．ActiveBadge・Bat は，屋内における位置情報の共有によって，他ユーザの位置の確認や，自分の近くの電話機への電話の転送を可能にするシステムである．Devora は，受信者自身が電子メールなどによって登録を行った位置や状況などの情報を，ユーザ間で共有するシステムである．これらのシステムでは，位置情報などの状況情報をつねに共有するため，プライバシの保護が困難である．

行き先ボードは，手動入力された行き先情報の共有と，受信者の行き先で利用可能な通信手段の選択を支援するシステムである．CAMS・iCAMS は，屋外における位置・スケジュール情報の共有と，受信者の状況に合わせた通信手段の提示を行うシステムである．これらのシステムでも，状況情報をつねに共有してしまうことからプライバシの点で問題になる．また，受信者の状況情報だけで通信手段の選択を行うため，通信を行う時点でのコミュニケーションの主体は受信者に寄ってしまう．そして，通信手段の選択には送信者側の通信への要求などは考慮されていない．

上記のような状況情報のプライバシの問題に対して，受信者のルール記述で情報の公開範囲を制限することで，情報共有にプライバシ保護を実現したシステム[8)]

がある．このシステムは，受信者のルールで制限された情報を送信者に提供するため，プライバシ保護に対する満足度は高い．しかし，状況情報は受信者のルールで制限され，参照者によって受け取る情報が異なるため，ユーザ間で情報格差が発生する可能性がある．また，ユーザ間の情報格差から支援効果に差が生じる可能性もある．

3. 情報の明度と協調作業支援

協調作業の階層構造[11),12)]におけるアウェアネス，コミュニケーションの段階について，状況情報の支援対象を明確にし，状況情報にかわる状況に付随する支援資源を示す．そして，情報の明度を抑えたプライバシ保護手法について述べる．

3.1 アウェアネスにおける状況情報

協調作業の流れの中で，最初に行われるのがアウェアネス[⋆1]である．そして，協調作業におけるアウェアネスの役割は，他のユーザへの気付きから，コミュニケーションへ作業段階を進めることである．したがって，状況情報を用いて支援される対象は，受信者の状況への気付き部分である．しかし，状況情報は受信者の詳細な状況によって構成されるため，送信者が状況情報に気付くと受信者の状況に配慮を強いられる．つまり，分散・同期環境における詳細な状況情報を用いたアウェアネス支援は，コミュニケーションの主体を受信者側へ寄せるとともに，アウェアネスからコミュニケーションの段階への流れを阻害する可能性がある．

一方，対面・同期環境下において，各ユーザは複数の情報に気付くが，全ユーザがすべての情報に気付くわけではない．各ユーザが気付く情報は異なる場合が多いため，結果として異なる行動をとる場合がある．たとえば，就業時間中のユーザ A（UserA）の状況に対してユーザ B（UserB）と C（UserC）は，ともに UserA が在席しているという情報と，キーボードの入力音という情報に気付く．この時点で UserB は，UserA が作業中であると判断し，コミュニケーションをとらないという選択をする．しかし，UserC は UserA が端末の画面から頻繁に視線を外しているという情報に気付くことで，作業にそれほど集中していないので短時間のコミュニケーションなら可能であると判断し，話しかけることを選択する．このように，対面・同期環境でのアウェアネスでは，各ユーザによって異なる結論に導かれる程度の曖昧な情報が必要となる．つまり，分散環境下においても，明度の低い情報を複数用意し支援を行うことで，プライバシを問題にしない支援が可能となる．上記のようなアウェアネスを支援する情報には，コミュニケーションを誘発する新たな尺度[14)]や，受信者が各状況によって連絡を受け入れられる許容量など，受信者への配慮を強要しないものが存在する．そして，状況情報を使用することで，これらの状況に付随する新たなアウェアネス支援資源の抽出が可能となる．

3.2 コミュニケーションにおける状況情報

協調作業におけるコミュニケーションの役割は，他のユーザとの意思の疎通を行い，コラボレーションへ作業段階を進めることである．したがって，状況情報を用いて支援される対象は，受信者の状況に合ったコミュニケーション手段の選択である．しかし，これは受信者の状況に合わせた連絡手段の選択を送信者に強要する可能性があり，コミュニケーションの主体が受信者側へ寄る可能性を持つ．

これに対して，本稿では，日常生活の通信手段の決定手順をもとに，コミュニケーションの成立を補助する要素の中で，状況に関係する要素に注目する．それらの要素を状況に付随する支援資源[⋆2]として用いることで，送・受信者間のコミュニケーションの主体が偏らない支援を行う．そして，状況情報を用いて状況内の支援資源を抽出し，情報の明度を抑えた支援を行う．

3.3 明度を用いたプライバシ保護手法

3.1，3.2 節で状況情報による支援の対象と，その支援方式の問題点について述べた．そして，状況に付随する新たな支援資源の提案を行った．本稿では，これらの資源を使用して支援効果をあげることで，関連研究のようなユーザ間での受信者の状況の共有を排除する．そして，状況を共有しないことにより方式内での状況情報の明度を抑え，プライバシの保護を実現する．

4 章では，3.2 節のコミュニケーションを支援する資源を具体的に通信手段の選択要素として取り込むための手順について述べる．また，5 章でそれらの資源を使用して，連絡が取れる可能性の高い通信メディアを提供する方式の評価実験を行う．そして，6 章で支援方式の有効性について検証し，情報の明度やプライバシ保護に関する議論を行う．なお，連絡を行いメッセージが相手に伝わる可能性を，本稿では通信可能性と呼ぶ．

⋆1 「周囲に誰がいる，どのようなアクティビティが起きている，誰と誰が話している」[13)]という他のユーザに対する気付き．

⋆2 受信者の意向（自分の状況に依存する使用可能メディア，送信者が誰かによって連絡の可否を変更）や，送信者の要求（自分に都合の良い通信メディアの使用）．

4. 明度を抑えたコミュニケーション支援方式

本章では，状況に付随する支援資源を使用することによる，明度を抑えた通信メディア提供方式について述べる．

4.1 通信メディアの算出要素

日常生活において通信手段を決定する流れを参考に，通信メディアを算出する要素を以下に 3 つあげる．これらの項目に対して受信者が重み付けを行い，状況に付随する支援資源を取り入れる．

4.1.1 送信者の要求資源の取り入れ

コミュニケーションを行うにあたって送信者側は要求を持つ．たとえば，データを送りたいのであれば，要求は「ファイルを添付したい」になる．

本方式では，管理者が事前調査などを行い，運用する環境に応じて要求項目を設定する．そして，要求項目に合ったメディアの通信可能性の評価が行えるのは受信者であることから，**表 1** の評価部分は，受信者がメディアの重み付けを行う．これにより，送信者の要求を取り入れた通信メディアの算出が可能となる．

以下の例において，EM（E-Mail）・IM（Instant Messaging）・MP（Mobile Phone）・MM（Mobile Mail）という通信メディアをあげているが，これらは受信者の持つメディアによって異なる（EM1・EM2 は，異なるアドレスを意味する）．

4.1.2 受信者の状況資源の取り入れ

送信者は要求を持った後に，受信者の状況に適したメディアを推測し，判断を行った後にメディアを選択し連絡をとる．しかし，受信者側の状況をいっさい考えず，使用したいメディアで連絡をとる送信者も存在する．

本方式では，状況に適した通信メディアを送信者の都合で決定するのではなく，受信者側の意向を取り入れる．そのために受信者は各状況を設定し，設定した状況ごとにメディアの重み付けを行う．これにより，受信者の状況に適したメディアの算出が可能となる．

4.1.3 受信者の対人資源の取り入れ

送信者は 4.1.2 項のような推測を行うが，受信者が自分（送信者）に対してどのようなメディアでの連絡を望んでいるかを推測するのは困難である．これは，送信者側が推測不可能な事柄の代表的なものであり，状況への不適切な介入の一因となる．

本方式では，受信者の各送信者に対する意思を取り入れるために，受信者が送信者をグループに分け，各グループに対して通信メディアの重み付けを行う．これを使用することで，送信者の要求が一方的に通るこ

表 1 送信者の要求資源の具体化
Table 1 Media weight to sender's demand.

送信者の要求	受信者のメディア評価 EM1	EM2	IM	MP	MM
早く連絡をとりたい	△	×	○	○	○
内容を保存してほしい	○	○	△	×	△
返事がすぐに欲しい	△	×	○	○	○
気軽に送りたい	△	○	○	×	△
返事はいらない	○	○	△	×	○
ファイルを添付したい	○	○	○	×	△

表 2 受信者の状況資源の具体化
Table 2 Media weight to recipient's context.

各状況	状況グループ	EM1	EM2	IM	MP	MM
会議中	α	○	△	○	×	△
就業中	α	○	△	○	○	○
プライベート	β	△	○	△	△	○
移動中	γ	×	△	×	○	○
その他	γ	○	○	△	△	○

表 3 受信者の対人資源の具体化
Table 3 Media weight to relation between context and sender.

送信者グループ	状況グループ	EM1	EM2	IM	MP	MM
職場	α，γ	○	△	○	○	○
	β	○	△	△	△	○
上司	α，γ	△	△	△	○	○
	β	○	×	△	△	×
家族	α	○	△	△	△	○
	β，γ	○	○	○	○	○
友人	α	○	△	△	△	○
	β，γ	○	○	○	○	○
その他	α，β，γ	△	○	△	△	△

となく，送信者に対する受信者の意思を反映した通信メディアの算出が可能となる．

4.2 算出要素の問題点と解決法

4.1.2 項における「受信者の状況資源」と，4.1.3 項における「受信者の対人資源」は，独立していないため，単に 4.1.1〜4.1.3 項の要素を用いても，両者の状況と意向に合った通信メディアを導き出すことはできない．［例：会議中の上司からの電話は取るが，家族からの電話は取らない］

この問題を解決するために，4.1.2 項の受信者の状況をグループに分け（**表 2**），その状況グループごとに 4.1.3 項の送信者グループの通信メディアの重み付けを行う（**表 3**）．これにより，状況と送信者の関係に配慮した通信メディアの算出が可能になる．

なお，本稿では設定項目を減らし，ユーザの負担を軽減させるために状況グループを設けている．この状況グループは，各受信者の判断で決定される．受信者

は，設定項目数の削減による負担の軽減と，詳細な設定による支援効果の均衡をとりグループ化を行う．この状況のグループ化によって，設定項目数の削減は見込めるが，ユーザの負担を根本的に軽減するには至らない．しかし，本稿は提案手法の有効性の検証に目的を絞っており，提案手法におけるユーザ負荷の問題は今後の課題である．表 2 では，例として会議中と就業中を仕事という形で括り α グループとしている．そして，会議中の MP への着信を拒否し，会議以外の就業中の MP への着信を受け入れるという例が設定されている．また，α グループの例では，MP についての職場（表 3 ○）と会議中（表 2 ×）の重み付けのように，表間で矛盾した重み付けをとる場合がある．しかし，このような重み付けは各要素へのユーザの意向を表したものであり，提案方式は 4.1.1〜4.1.3 項の要素の折衷案を求めるものであるため，矛盾するような重み付けであっても問題ではない．

4.3 通信メディアの算出

表 1〜表 3 を使用し，ユーザの意向を取り入れた通信メディアの算出を行う．これにより，ユーザ間で状況情報の共有を行うことなく，受信者の状況に応じた通信手段の提供を行う．

4.3.1 メディアの算出式

各通信メディアに対して，下記の計算式によるメディアの評価値（Q_i）の算出を行い，数値の高いものから順位付けを行う．

送信者によって要求の数 n は異なるが，その反映度の総和を一定に保つため，n 個の要求 X_j に関する各評価値 $f_1(X_j, i)$ の平均値を算出し，それに受信者の状況に対する評価値 $f_2(Y, i)$ と状況と送信者との関係に対する評価値 $f_3(Y, Z, i)$ を加えて再度平均を求める．本稿において，このような平均をとる理由は，各表（表 1〜表 3）によってどのようなことができるのかを検証するためであり，何も手を加えないという方針のもとにこのような計算式を採用した．

X_j	送信者の要求 $1 \leq j \leq n$
Y	受信者の状況
Z	送信者
f_1〜f_3	表 1〜表 3
Q_i	通信メディア i の評価値 $1 \leq i \leq m$
n	要求数
m	受信者の使用可能なメディア数

$$Qi = \frac{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\{f_1(Xj, i)\} + f_2(Y, i) + f_3(Y, Z, i)}{3}$$

表 4 通信メディアの算出例
Table 4 Example of calculating communication media.

	EM1	EM2	IM	MP	MM
早く連絡をとりたい	△	×	○	○	○
会議中 α	○	△	○	×	△
上司 α	△	△	△	○	○
メディアの評価値	0.53	0.33	0.67	0.6	0.67

*上記の例において，×〜○は以下のような値を持つ．
×：0.2，△：0.4，○：0.8

評価実験における提案方式の例として，6 個の記号（××，×，△，□，○，◎）を設け，0〜1 の範囲で 0.2 ごとに値をおいている．これにより，評価値 Q_i に $0 \leq Q_i \leq 1$ という範囲を持たせている．評価実験に用いた記号には，絶対に使用可能（◎）や強い拒否（××）といった重み付けがあるが，これらは他の重み付けを無視して通信メディアを使用可能や不可能にするものではない．これらの記号は，受信側の詳細な意向を反映させるために，他の記号よりも大きな重みとして設けたものである．しかし，これらの極端な重みを持つ記号は，評価実験において使用率が低かったことから各表の例にあげていない．また，□（0.6）という記号は直感的な理解が困難なため，本稿では×△○という 3 つの例を使用している．

4.3.2 メディアの算出例

本方式を用いた通信メディアの算出例を示す．最初に，送信者がどのような形でコミュニケーションをとりたいかを選び，その要求に対して受信者が行った通信メディアの重み付けを抽出する．

● （送信者：上司）の要求［早く連絡をとりたい］

次に，受信者が各状況ごとに行った通信メディアの重み付けを抽出する．

● （受信者の状況：会議中）の重み付け

さらに，送信者に対する重み付けの中から，受信者の現在の状況に合うものを抽出する．

● （状況：α）の上司グループに対する重み付け

これらの段階を経て，各メディアの評価値の計算を行い，**表 4** が作成される．

5. 評価実験

本章では，方式に基づく評価実験と，その有効性について述べる．

5.1 実験概要

方式による支援の有効性を検証するために，本方式を基に評価実験用の算出方式を作成し，実験を行った．実験方法を**表 5** に示す．

実験では，5 つの算出方式（5.2 節）を使用し，連絡網形式のメッセージ伝達を行った．実験は，4 人 1 組

表 5 実験方法
Table 5 The experiment method.

開発言語	ActivePerl5.6.1（Web ベースでの実装）
前提	各受信者による通信メディアの重み付け
課題	表 6 を使用した連絡網形式のメッセージ伝達
被験者	研究室内の学生 8 人
期間	3 日間
環境	場所は自由（時間は送信者の要求によって異なる）

表 6 評価実験用方式
Table 6 Five experimental system.

方式名	状況情報を算出に使用	状況情報を送信者が参照	算出要素
状況不使用	×	×	表 1 表 3’
提案	○	×	表 1 表 2 表 3
状況公開	○	○	表 1 表 2 表 3
従来研究	○	○	表 2
日常	×	×	送信者の推測

*表 3’ は，表 3 から受信者の状況情報を削除し簡略化したもの

のグループで各 10 回行ったため，通信は，4（人）× 10（回）× 5（方式）で，合計 200 回行われた．また，メッセージ伝達実験の目的は，コミュニケーション発生時の通信手段の選択に対する支援効果の検証である．そのため，実験時に具体的な協調作業のタスクは設けておらず，次にメッセージを送るユーザだけを記した空のメッセージの伝達を行った．これは，タスクの内容に影響を受けない支援効果の検証と，定型コミュニケーションを大量に行うことでサンプル数を増やし，実験の信頼度を上げるためである．

研究室内の学生 8 人を被験者とした連絡網は，一般的な利用形態に近づけるため，日常生活において連絡をとらない人が，交互になる形で作成した．また，利用する通信メディアは被験者が日常生活で使用しているものを用いた．そのため，メディアの種類や個数は被験者によって異なるが，4.3.1 項に示すように本稿の方式では，それらの差が計算可能である．

なお，通信メディアは評価値 Q_i を使用して順位付けを行った後に，標準値（今回は△の重み付け）より大きな値のものと，標準値以下のものに分けて送信者に提供した．このような提供方式をとる理由は，送信者に標準値という指標を与えることにより，選択の簡明化を行うためである．また，指標となる標準値は，評価実験時に各ユーザが設定したメディア評価値の平均が 0.43 であったため，ユーザの理解を得やすくするために 0.43 に最も近い重み付けの記号（△）を標準値とした．さらに，送信者には，方式によって提供された中から自由に通信メディアを選択させた．

5.2 評価実験用システム

提案方式と比較を行うために，評価実験用のシステムを複数用意した．**表 6** における提案方式が本稿の提案手法を実装したシステムである．従来研究方式は，受信者の状況を共有することで送信者側に配慮を促す，関連研究と同様のシステムである．また，状況不使用方式と状況公開方式は，提案方式の算出要素を一部変更したシステムであり，検証を行ううえで比較を行う事柄に特化させている．評価実験は，これら 4 つのシステムに，日常のコミュニケーション方式を加えた 5 つのシステムで行った．

● **状況不使用方式** 提案方式から状況情報（表 2）を排除した方式．状況情報の有無による比較を行う．

● **提案方式** 本稿における提案方式．状況情報は非公開．

● **状況公開方式** メディア算出要素は提案方式と同じ．状況情報を公開することにより，プライバシ保護の検証を行う．

● **従来研究方式** 関連研究と同様に，送信者の要求である表 1 を持たず，状況情報（表 2）のみで支援を行う方式．

● **日常方式** 日常生活のコミュニケーションと同様に，送信者が各自の思考によって受信者の状況を推測し通信を行う方式．

5.3 評価実験による検証

各実験方式のログと，被験者に対するアンケート結果から，4 つの項目について検証を行った．

状況情報の有効性の検証（5.3.1 項）から，実験が正しく行われたことを確認する．そして，本稿で提案する状況に付随するコミュニケーション支援資源の有効性（5.3.2 項）と，状況情報の明度がコミュニケーションに与える影響（5.3.3 項）を示し，最後にプライバシの保護（5.3.4 項）について述べる．

5.3.1 状況情報の有効性の検証

図 2 は，受信者の最適な通信メディアを各方式が算出した結果である．この図で，状況情報を算出要素に持つ方式[⋆1]は，受信者の最適なメディアがすべて標準値より大きな値を持つが，状況不使用方式は，21.2%のメディアが標準値以下の値を持つ．また，受信者への「送信者が使用したメディアは，状況に対して適切だったか」という 5 段階評価のアンケート結果（**表 7**）から，状況情報を算出要素に持つ方式[⋆1] を使用して選択したメディアが，平均して 4.51 という高い値をとるのに対して，日常方式によって選択された通信メディアは，3.57 という値をとる．これらは，状況情報を支

⋆1 提案方式，状況公開方式，従来研究方式．

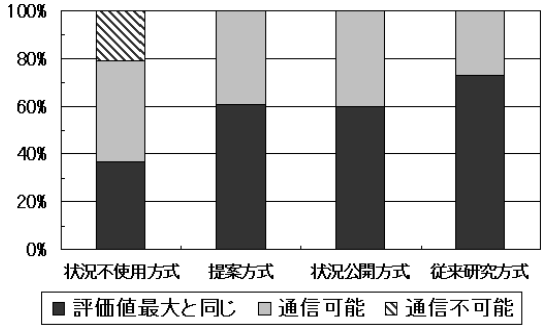


図 2 受信者が最適と考える通信メディアと算出値の対比
Fig. 2 Comparison between recipient's choice media and calculated media.

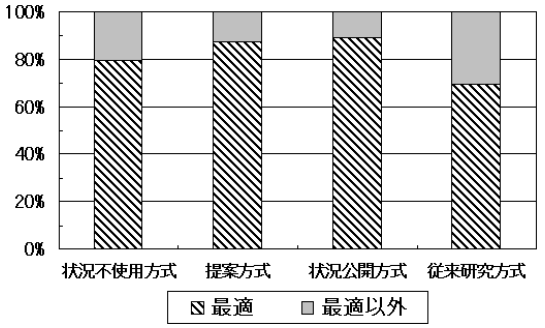


図 3 実際に使用された通信メディアの選択率
Fig. 3 Selection rate of media actually used.

表 7 受信者による使用された通信メディアの適切度
Table 7 Degree of appropriateness media used by recipient.

方式名	状況不使用	提案	状況公開	従来研究	日常
	4.17	4.52	4.42	4.56	3.57

適切（5）〜不適切（1）

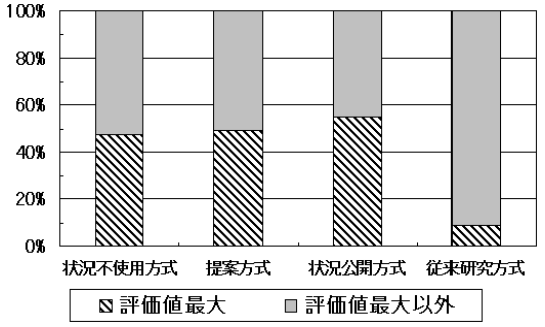


図 4 実験方式を使用しなかった場合の選択率
Fig. 4 Selection rate when not using experiment system.

援要素に持たない方式は，受信者への適切なメディア選択を支援することが困難なことを示している．また，3 方式[⋆1]間には大きな差はなく，提案方式の受信者の状況への支援が，従来研究と同等であったことを確認した．さらに，これらの状況情報の有効性を示す結果は，評価実験が正しく行われたことも示している．

5.3.2 状況に付随する支援資源の有効性

状況に付随しコミュニケーションの成立を支援する資源の有効性について述べる．

● 受信者の対人資源

表 7 より，受信者の対人資源の有効性を示す．

5.3.1 項で，日常方式では受信者の適切なメディアを選択できないことを述べた．また，状況不使用方式の値が，他の 3 方式[⋆1] に比べて低い理由は，受信者の状況情報が算出要素に入っていないことが考えられる．しかし，状況不使用方式と日常方式を比較すると，どちらも状況情報という算出要素を持たないにもかかわらず，状況不使用方式の方が高い値を示している．ここで，状況不使用方式が持つ算出要素「送信者の要求（表 1）」で，受信者への支援は行えないため，残りの算出要素「受信者の対人資源（表 6 内表 3'）」が，日常方式よりも受信者に対する支援を可能にしたといえる．

上記より，状況に付随する受信者の対人資源を算出要素に取り入れることによって，状況情報を共有することなく，日常方式よりも受信者への支援が可能となることが示された．

● 送信者の要求資源

図 3 は，送信者が選択し使用した通信メディアと，各方式の算出結果の比較である．

この図において，評価値が最も高い通信メディアを選択する割合は，従来研究方式が 69.7%，送信者の要求資源を持つ方式[⋆2]が平均 85.3%となっている．この従来研究方式に対する約 15%の向上は，表 1 が送信者の要求資源を取り入れたことを意味する．

また，**図 4** は，送信者が方式を使わずに選択したメディアと，各方式の算出結果の一致する割合である．この図において，送信者の最適なメディアを評価値の最も高いメディアとして算出した割合は，3 方式[⋆2]の平均が 50.5%であるのに対して，従来研究方式では 9.1%という値をとる．これも，従来研究方式が送信者の要求資源（4.1.1 項）を持たないことによる，送信者に対する支援不足から導き出された結果である．

上記から，状況に付随するコミュニケーション支援資源である受信者の対人資源と送信者の要求資源は，

⋆1 提案方式，状況公開方式，従来研究方式．

⋆2 状況不使用方式，提案方式，状況公開方式．

表 8 方式による送信者の通信メディア変更率
Table 8 Change rate of sender's media by method.

提案方式	状況公開方式	従来研究方式
52%	40%	97%

表 9 変更後のメディアと受信者の最適なメディアの一致率
Table 9 Concordance rate of changed media and recipient's best media.

提案方式	状況公開方式	従来研究方式
39%	47%	95%

表 10 送信者が選択した通信メディアの使用可能率
Table 10 Available rate of sender's selected media by recipient.

提案方式	状況公開方式	従来研究方式
87%	97%	97%

通信メディアの選択に有効であることが示された．

5.3.3 情報の明度による影響

状況情報を用いる 3 方式[⋆1]間の比較を行う．

表 8 は，送信者が各方式の使用によって通信メディアを変更した割合である．従来研究方式の変更率 97%は，他の状況情報を用いる方式に比べ非常に高い．これは，詳細な状況情報によって，送信者が受信者の状況に合わせてメディアの変更を行った結果である．このことは，**表 9** の従来研究方式を使用して変更したメディアと，受信者の最適なメディアの一致率 95%にも裏付けられている．また，表 9 において，提案方式・状況公開方式は最適な通信メディアの選択を支援できていないが，**表 10** の送信者が選択した通信メディアの受信者の使用可能率を見ると，状況情報を用いた 3 方式間に大きな差はない．つまり，提案方式・状況公開方式は，受信者の状況に送信者が一方的に合わせるのではなく，受信者の状況で使用できる通信メディアに配慮しつつ，送信者側の要求に合うメディアを選択できているといえる．

5.3.4 プライバシの保護

本稿では，状況情報を状況から派生する支援資源の抽出に使用することで，受信者の状況情報を共有しないコミュニケーション支援を行った．評価実験では，提案方式は状況情報の信頼度だけを表示し，状況公開方式は状況情報をすべて表示する形をとった．その結果，提案方式と状況公開方式の実験結果には大きな差は出なかった．つまり，状況情報の支援対象に合うような状況に付随する支援資源を取り込むことで，受信者の詳細な状況を表示することなく，明度を抑えたコミュニケーション支援が可能であると証明された．したがって，提案手法はコミュニケーションの段階における情報提供時のプライバシ保護を実現したといえる．

また，評価実験における従来研究方式では，ユーザによっては他人に知られたくないと考えている状況も共有される．そこで，プライバシ保護を行うために共有する情報を制限すると，送信者が通信手段を選択するための素材を減らすことになる．つまり，従来方式では，プライバシ保護を行うと支援効果の減少につながる可能性がある．一方，提案方式では，ユーザの状況の共有を行わず，状況やユーザの意向に応じた通信手段を推奨する．仮に，ユーザの位置情報などを付加して通信手段の提供を行った場合，その情報は通信手段が推奨された理由として扱われる．つまり，プライバシに関する情報を提供しても支援効果へのプラス要素は推奨された理由の強化程度であり，プライバシ保護の観点でのマイナス要素の方がはるかに大きくなる．これは，提案方式が支援効果とプライバシ保護の両立を図るために複数の支援資源を取り込んでいるためである．支援資源による支援効果の向上により，提案方式ではプライバシに関する情報を提供することのメリットよりもデメリットの方が大きくなっている．これは評価実験において，状況を公開した提案方式である状況公開方式と，状況を非公開にした提案方式の支援効果に差がないことに裏付けられている．

6. 議　　論

評価実験の結果より，議論を行う．

6.1 協調作業と状況情報の明度

協調作業の階層構造[11),12)]において，上層に向かうほど状況を他のユーザに隠す必要がなくなるため，プライバシの保護は考慮されなくなる．これに対して，階層構造を下層に向かうほど，プライバシの保護が必要になるため，明度を抑えた支援が必要となる．

関連研究には，ユーザの位置情報という明度の高い状況情報を共有することで，コミュニケーション支援を行っているもの[4)–7)]がある．位置情報の共有による支援は，受信者の位置に関する配慮を送信者側に促す効果があるが，コミュニケーションの成立を支援するという意味では十分な資源とはいえない．また，情報の明度が高すぎるため，プライバシの保護も困難である．

本稿では，コミュニケーションの段階における状況情報の支援対象を，状況に付随する資源によって支援することにより，明度を抑えたコミュニケーション支援を行った．そして，評価実験から，高いコミュニ

⋆1 状況不使用方式，提案方式，状況公開方式．

ケーション成功率とプライバシ保護を両立した結果を得た．しかし，この方式はコミュニケーションの成立という部分的な支援を強化することで状況情報の明度を抑制しているため，アウェアネスの段階への支援効果は期待できない．アウェアネスの段階に対してプライバシの保護を実現するには，状況に付随しコミュニケーションを誘発する新たな資源（3.1 節）を取り込み，明度を抑えた支援を行う必要がある．

評価実験から示された結果は，明度を用いたプライバシ保護手法のコミュニケーションの段階における有効性である．アウェアネスの段階は，コミュニケーションの段階よりも曖昧な情報による支援が有効であると考えられるため，本稿の実験結果以上に状況情報の明度を抑えた支援が期待できる．

6.2 状況に付随する支援資源

携帯端末の普及は，それ以前の固定端末を用いたコミュニケーションから時間や場所の制約を排除した．そして，送信者のメッセージ送信に対する抵抗感が減少する一方，受信者が連絡を受ける状況は多様化した．これにより，送信者は受信者の状況を推測することが困難になり，受信者の状況への不適切な介入が行われるようになってきている．このような背景を受けた関連研究[2)–7)] では，受信者の詳細な状況情報を使用し，受信者の状況への支援を行っている．

しかし，状況情報は受信者にのみ依存する情報であるため，これを単体で用いて支援を行うと受信者側へコミュニケーションの主体が寄ってしまう．これは，5.3.3 項における従来研究方式の実験結果に裏付けられた．また，実験結果に示された，従来研究方式による受信者側への過大な配慮は，送信者へコミュニケーションの抑制を強要する可能性も含んでいる．

これに対して本稿では，状況情報を単に受信者の状況を表すものではなく，その状況から派生する様々な情報の核になる情報として扱っている．そして，状況情報を使用して状況に付随するコミュニケーション成立資源（4 章）を取り入れ，状況情報自体は共有しない支援を行った．これにより，単体では支援効果の強すぎる状況情報の影響力を抑え，送・受信者双方に有効な支援を実現した．

状況に付随する支援資源は，新たな支援要素として有効であるとともに，受信者側への一方的な支援を緩和する要素となるため，コミュニケーションの主体が受信者側に寄らない支援を可能にする．

6.3 状況情報におけるプライバシ保護

状況情報は受信者の個人情報であるため，これを用いた支援では支援効果をあげるとプライバシの保護は困難になり，プライバシの保護を優先すると支援効果が得られない．これは支援効果とプライバシの保護がトレードオフの関係にあることを意味する．

関連研究[8)] では，ユーザが作成した状況情報の共有ルールによりプライバシの保護を行っている．これは，受信者が自分の情報を自分のルールで保護できるため，有効なプライバシ保護手法である．しかし，各ユーザがそれぞれのルールを状況情報に適用すると，送信者に有益でない情報を提供する場合や，ユーザ間での情報格差の問題が起こる可能性がある．つまり，プライバシの保護による支援効果の低下を回避することは困難である．また，他の関連研究[3),4),6),7),10)] では，方式を適用するユーザを限定することで，プライバシの意識が低い環境を作成し，支援効果をあげている．しかし，これらは支援効果にのみ注目しており，プライバシ保護は実現されていない．

本稿では，評価実験の結果から，状況情報の明度を抑えることによるプライバシ保護の実現と，状況に付随する支援資源を用いることによるコミュニケーションの成立への支援効果を確認した．また，プライバシの保護を直接的に計測するのは困難であるが，評価実験における状況公開方式と提案方式の比較から，詳細な状況情報は提案方式では必要ないことを確認した．これらは，状況情報を用いる方式のトレードオフの問題を解決するとともに，環境に依存しないプライバシ保護の可能性を示している．

上記のように，状況情報を用いる支援において，プライバシの保護は困難な問題であるが，状況情報の使用法を共有する情報から支援要素の基盤情報へと変えることによって，支援効果とプライバシ保護を両立した支援が可能となる．

7. ま と め

本稿では，協調作業における状況情報の明度を抑えたプライバシ保護手法について述べた．

そして，コミュニケーションの段階での保護手法の有効性を検証するために，状況に付随する送・受信者双方の支援資源を取り入れ，コミュニケーション成功率の高いメディアを提供する方式の評価を行った．これにより，送信者が受信者の状況情報によって一方的な配慮を行う形[3),4)] から，コミュニケーションの主体に偏りのない支援が可能となった．また，状況に付随する支援資源を取り入れることにより，状況情報の明度を抑えつつ，従来方式と同等の支援が可能となった．これは，関連研究と同等の支援効果を維持し，かつプライバシの保護も実現したことを表しており，提案手

法の目的が達せられたことを意味している．

また，本稿では，状況に付随する支援資源の有効性を示すことで，状況情報を用いた支援に新たな支援資源の可能性を提示した．これは，従来の状況情報単体の使用では行えないような部分への支援の可能性を意味する．したがって，分散環境が主体となった現在のコミュニケーション形態に対応するために，状況に付随する様々な種類の情報の提供が期待される．

今後の課題としては，詳細すぎる状況情報はコミュニケーションへの障害となるという点から，状況に付随しコミュニケーションのトリガとなる支援資源を取り込むことにより，アウェアネスにおける状況情報の明度を抑え，プライバシを保護した支援の実現に取り組んでいく．

参 考 文 献

1) 大西健治，敷田幹文：状況アウェアネスの実現に向けた複数資源利用法の提案，情報処理学会研究報告 GN，No.45, pp.83–88 (2002).
2) 中山良之，野中尚道，星 徹：WWW 上に公開された行き先ボードから最適な通信メディアを直接選択できるコンタクト支援システム，情報処理学会論文誌，Vol.39, No.10, pp.2811–2819 (1998).
3) Schmidt, A. and Gellersen, H.W.: Context-Aware Mobile Telephony, *ACM SIGGROUP Bulletin*, Vol.22, No.1, pp.19–21 (2001).
4) Want, R., Hopper, A., Falcao, V. and Gibbons, J.: The Active Badge Location System, *ACM Trans. Office Information Systems*, Vol.10, No.1, pp.91–102 (1992).
5) Harter, A. and Hopper, A.: A Distributed Location System for the Active Office, *IEEE Network*, Vol.8, No.1, pp.62–70 (1994).
6) 中西泰人，辻 貴孝，大山 実，箱崎勝也：Context Aware Messaging Service : 位置情報とスケジュール情報を用いたコミュニケーションシステムの構築および運用実験，情報処理学会論文誌，Vol.42, No.7, pp.1847–1857 (2001).
7) Nakanishi, Y., Takahashi, K., Tsuji, T. and Hakozaki, K.: iCAMS : A Mobile Communication Tool Using Location and Schedule Information, *Pervasive Computing*, Vol.3, No.1, pp.82–88 (2002).
8) 平田敏之，國藤 進：プライバシ保護を可能とする状況情報共有システムの開発と運用，情報処理学会論文誌，Vol.48, No.1, pp.189–199 (2007).
9) 敷田幹文，大西健治：複数情報の一元管理による状況アウェアネス提供機構の提案と評価，情報処理学会論文誌，Vol.46, No.1, pp.80–88 (2005).
10) 上田広高，Ghee, W.W.，塚本昌彦，西尾章治郎：Devora：電子メールを用いたユーザ位置管理システム，情報処理学会論文誌，Vol.41，No.12, pp.3295–3306 (2000).
11) 石井 裕：CSCW とグループウェア—協創メディアとしてのコンピュータ，オーム社 (1994).
12) 國藤 進：知的グループウェアによるナレッジマネジメント，日科技連出版社 (2001).
13) Dourish, P. and Bly, S.: Portholes: Supporting Awareness in a Distributed Work Group, *Proc. of CHI'92, ACM*, pp.541–547 (1992).
14) 宗森 純，森 直人，吉野 考：状況の半自動申告機能を備える疎な連帯支援システムの開発と運用，情報処理学会論文誌，Vol.45, No.1, pp.188–201 (2004).

(平成 19 年 4 月 15 日受付)
(平成 19 年 10 月 2 日採録)

内田 達人

2004 年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報システム学専攻博士前期課程修了．同年岐阜聖徳学園大学非常勤講師．現在，北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程在学中．グループウェア，遠隔教育に関する研究に従事．日本情報経営学会会員．

敷田 幹文（正会員）

1995 年東京工業大学大学院理工学研究科情報工学専攻博士後期課程修了．博士（工学）．同年北陸先端科学技術大学院大学情報科学センター助手．2001 年同助教授．大規模分散システム，グループウェアに関する研究に従事．ACM，電子情報通信学会，日本ソフトウェア科学会各会員．

國藤 進（正会員）

1974 年東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了．同年富士通（株）国際情報社会科学研究所入所．1982〜1986 年 ICOT 出向．1992 年より北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科教授，1998 年より知識科学研究科教授．2005 年より東京農工大大学院客員教授．博士（工学）．情報処理学会創立 25 周年記念論文賞，1996 年人工知能学会研究奨励賞各受賞．日本創造学会会長．人工知能学会，計測自動制御学会，電子情報通信学会等各会員．