

分散システム

第12回 協調作業支援システム

高田秀志 (TAKADA Hideyuki)

双見 京介 (FUTAMI Kyosuke)

2025年11月

協調作業支援

- 協調作業 (Cooperative/Collaborative Work)
 - 複数人が共通の目的を持って行う作業
 - CSCW (Computer-Supported Cooperative Work)
 - Computer Support + Cooperative Work
 - コンピュータ的な側面と社会的な側面を持つ
 - グループウェア (Groupware)
 - The computer-based systems that support groups of people engaged in a common task and goal and that provide an interface to a shared environment.
- (Clarence Ellis, 1991)

グループウェアの分類

	同期型 (リアルタイム型)	非同期型 (オンデマンド型)
対面型	会議支援システム	—————
分散型	遠隔会議システム グループエディタ	電子メール・電子掲示板 協調執筆支援システム 情報フィルタリングシステム ワークフロー管理システム

協調の次元階層モデル

コラボレーション (Collaboration)	共同で作業をすること
コミュニケーション (Communication)	作業者同士がやりとりをすること
アウェアネス (Awareness)	お互いの状態が分かること
コプレゼンス (Co-presence)	作業者が共に存在していること

- 上位を実現するには、より下位が実現されなければならない
- 分散型グループウェアにおいてこれらを実現するのは容易ではない

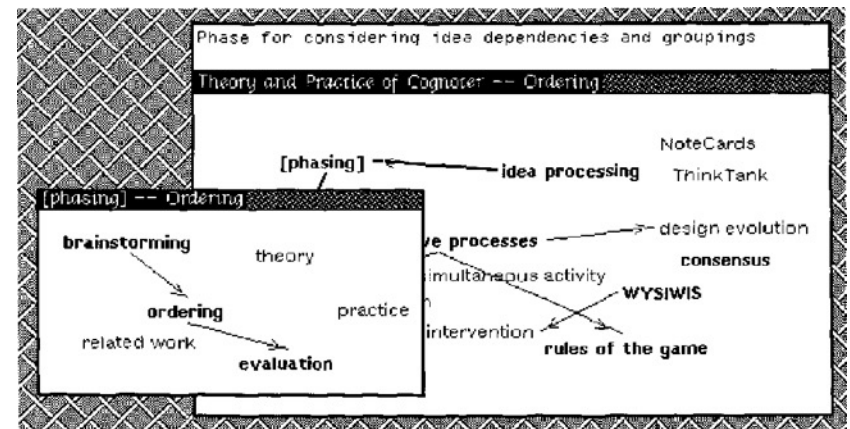
コラボレーション・アーキテクチャ

- 協調の次元階層モデルを拡張
- 各階層の質を考慮, 関わりの深さに応じて階段状に構成

コラボレーション	関わりの深さ			
	ビジネスライク		協調的／競合的	
コミュニケーション	言語的		非言語的	
	文字	語調	ジェスチャ	視線一致
アウェアネス	存在	行動	雰囲気	
	在・不在	手	視線	オーラ
コプレゼンス	共有感			
	非同期	音声	動画	対面

Colab (Xerox PARC, 1987)

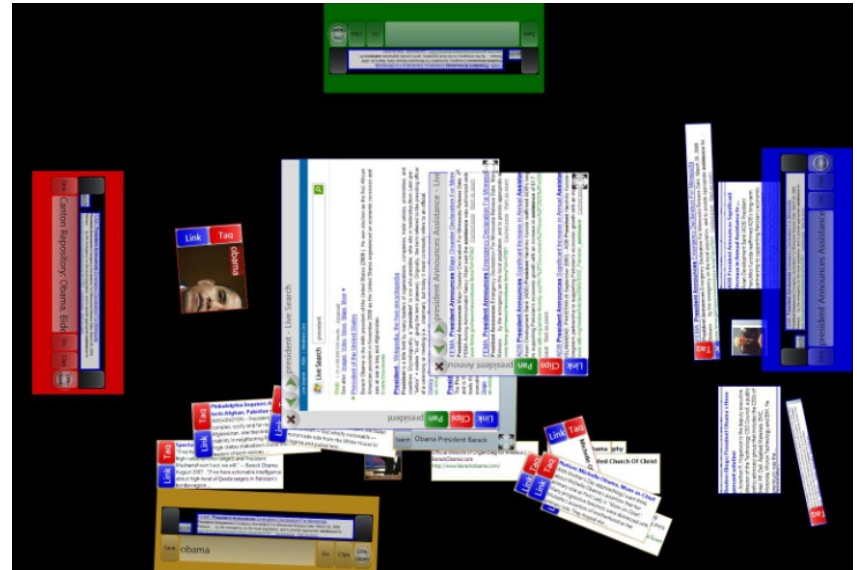
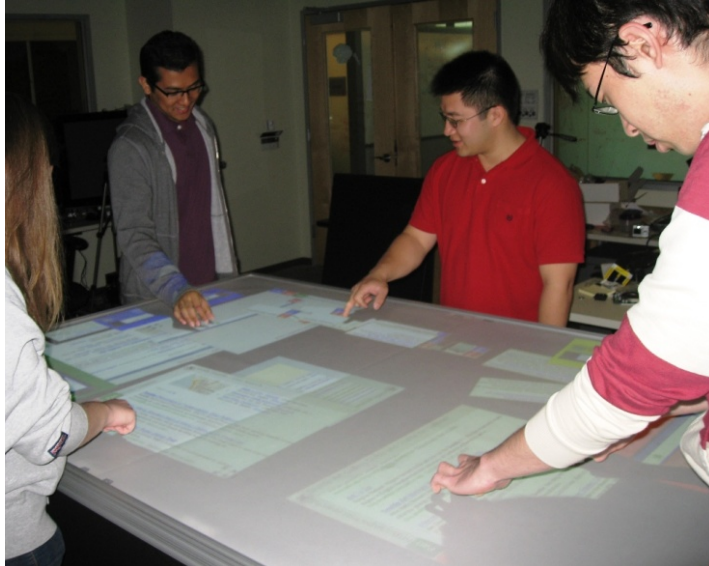
- 対面同期型の電子会議室
- 共同作業スペースとして「電子黒板」(共用スクリーン)を提供
- 各参加者のPCと電子黒板が連動



Stefik, Mark, et al. "Beyond the chalkboard: computer support for collaboration and problem solving in meetings." *Communications of the ACM* 30.1 (1987): 32-47.

WeSearch (Microsoft, 2010)

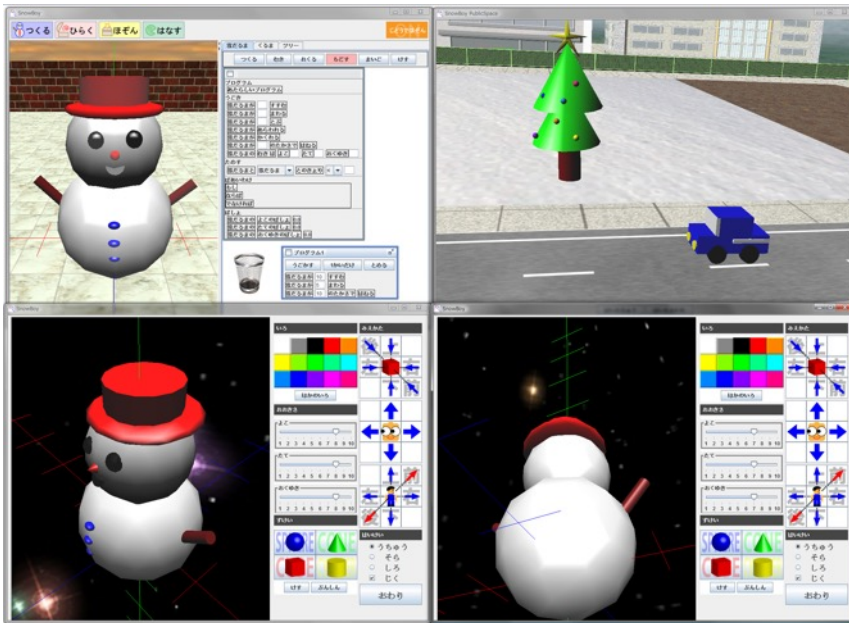
- テーブルトップディスプレイによる対面協調Web検索支援
- Webページやスニペット(Webページの要約)を並べて意思決定を行う



Morris, Meredith Ringel, Jarrod Lombardo, and Daniel Wigdor. "WeSearch: supporting collaborative search and sensemaking on a tabletop display." Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work. 2010.

SnowBoy (高田研, 2010)

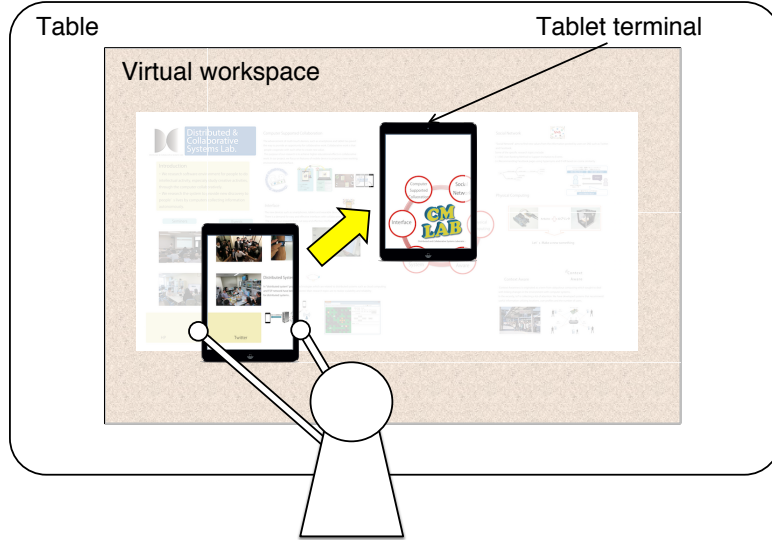
- 子ども向け同期型協調創作環境
- 3次元図形の構築とアニメーションのためのブロックプログラミングを共同で可能



取越翔太郎, et al. "3D グラフィックスの共同創作機能を備えた子ども向けプログラミング環境 SnowBoy の構築とその評価." インタラクシオン (2010).

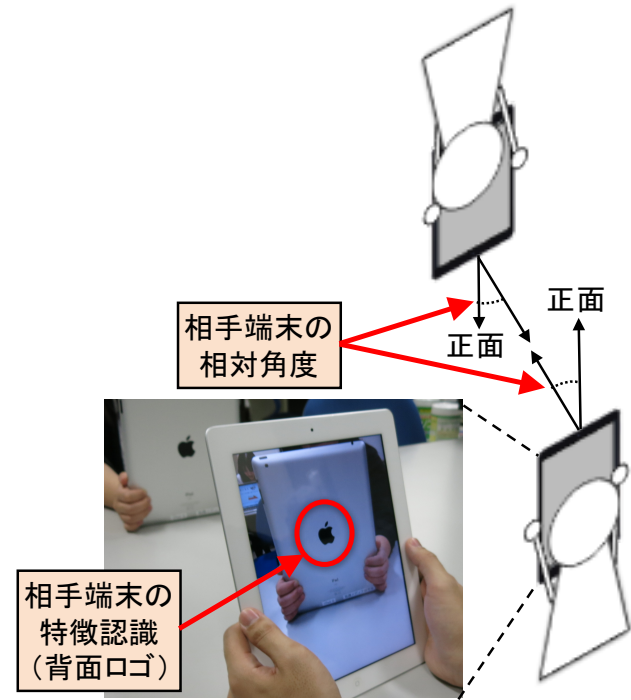
仮想テーブルトップ環境 (高田研, 2016)

- 平面上の仮想作業空間をタブレット端末で「覗き見」
- 対面した複数人でのWeb検索, 写真整理, アイデアメイキングなどを想定



即時的情報共有(高田研, 2017)

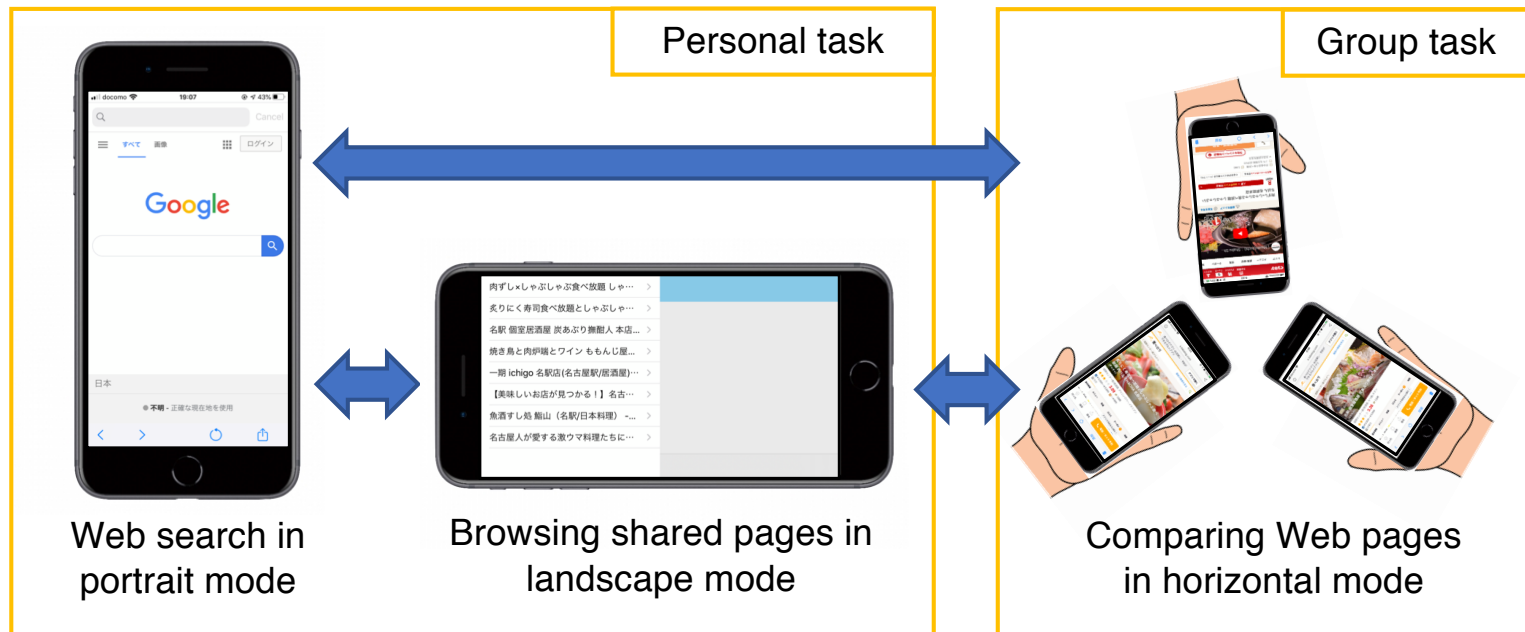
- 端末を向かい合わせることによって位置関係を認識
- 他端末の方向へフリックすることによる情報共有



塩見 和則, 高田 秀志: 情報共有をともなうアドホックな対面協調作業のための近接端末間方向認識, 情報処理学会論文誌, Vol.58, No.1, pp.143-152, 2017年1月.

協調Web検索支援(高田研, 2020)

- 端末を持つ方向によって自動的に機能遷移
- 個人検索モード, 共有モード, 比較モード



Naoki Furuie, Tomoki Yabuuchi, Takatsugu Yamamoto and Hideyuki Takada: Showing-Displays-Together: A Co-located Web Search Support Exploiting the Terminal Orientation, 26th International Conference on Collaboration Technologies and Social Computing (CollabTech 2020), pp.167-174, Virtual Event, Estonia, Sep. 2020.

Media Space (Xerox PARC, 1986)

- 分散同期型のビデオ会議システム
- 分散した研究室や離れた研究所をコンピュータ制御可能なビデオと音声により結ぶ



Mantei, Marilyn M., et al. "Experiences in the use of a media space." Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. 1991.

VideoWindow (Bellcore, 1990)

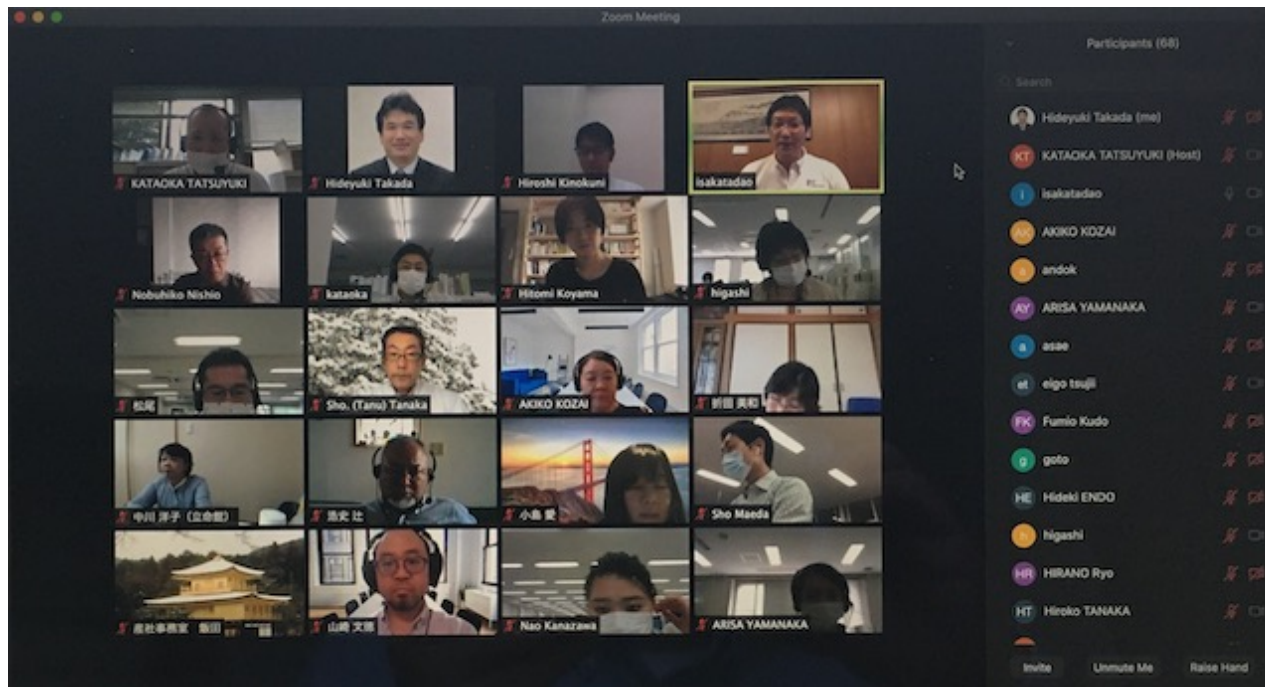
- 遠隔サイト間のインフォーマルコミュニケーション(立ち話など)を支援
- 2つの離れた空間を壁面サイズのスクリーンを介して接続



- あたかも一つの部屋にいるかのような状況, "Being There"を仮想的に作り出す
- 評価実験の結果, 同じ部屋にいるのに比べてユーザは明確なギャップを認知した
- アイコンタクトの欠如, カメラの視界から外れる, 映像品質, 音響空間の性質などの要因が存在

Zoom (2013)

- クラウドコンピューティングを利用したビデオ会議システム
- 多地点, マルチプラットフォーム
- 画面共有, チャット, リアクションなどの補助機能



MERMAID (NEC, 1989)

- 在席型マルチメディア会議ステーション
- 文字，図形，イメージ，グラフ，手書き，音声，動画の同時利用が可能



Watabe, Kazuo, et al. "Distributed multiparty desktop conferencing system: MERMAID." Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work. 1990.

ClearBoard (NTT, 1989)

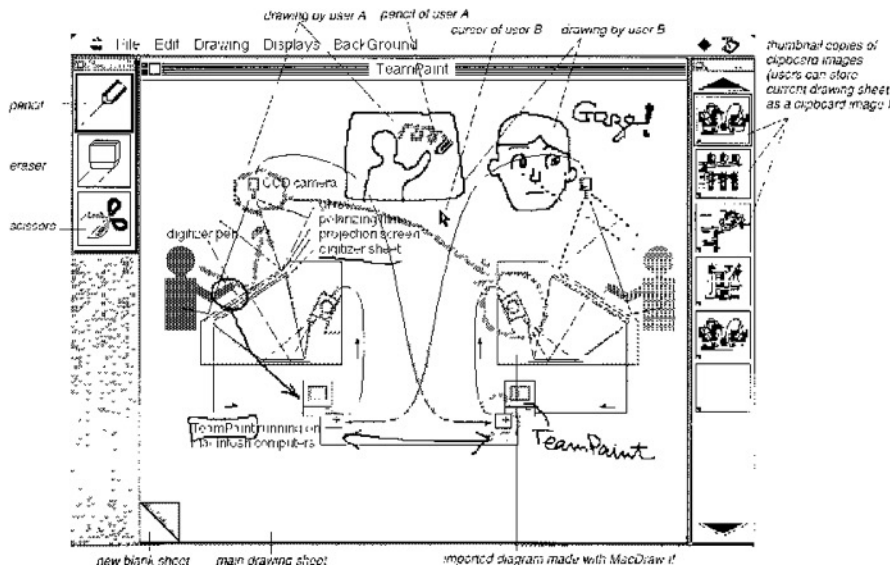
- ホワイトボードを用いた共同作業を,「大きなガラス板を挟んで互いの顔を見ながら会話し, ガラス板の両側から描画を行う」というコンセプトで実現
- 相手の視線を読むことが可能



Ishii, Hiroshi, and Minoru Kobayashi. "ClearBoard: a seamless medium for shared drawing and conversation with eye contact." Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. 1992.

TeamPaint (NTT, 1992)

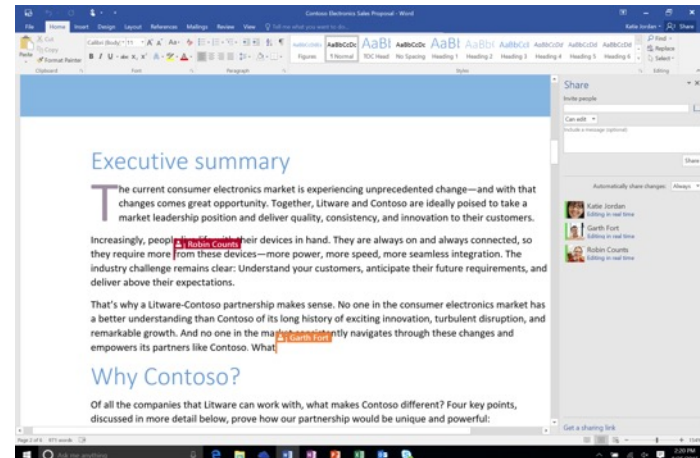
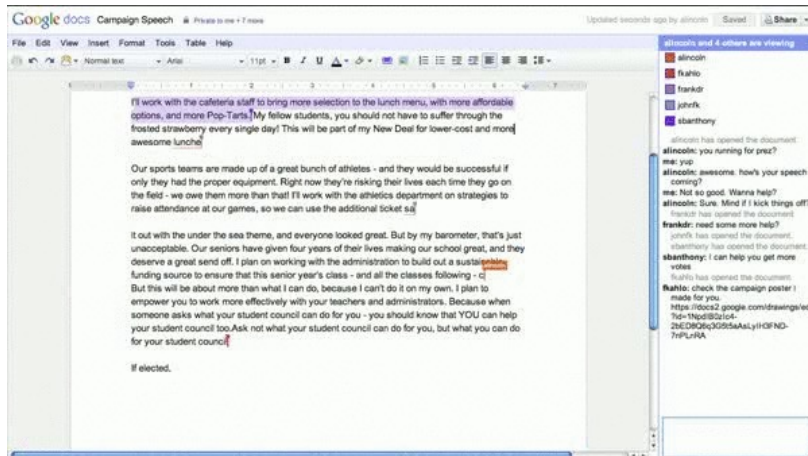
- グループで利用できる「お絵かきソフト」
- グループに対する知的生産活動支援



- 各ユーザのポインティングやカーソルの動きを全メンバに常時伝える(アウェアネスの提供)
- 分散型の複製アーキテクチャに基づき、サーバを必要としない

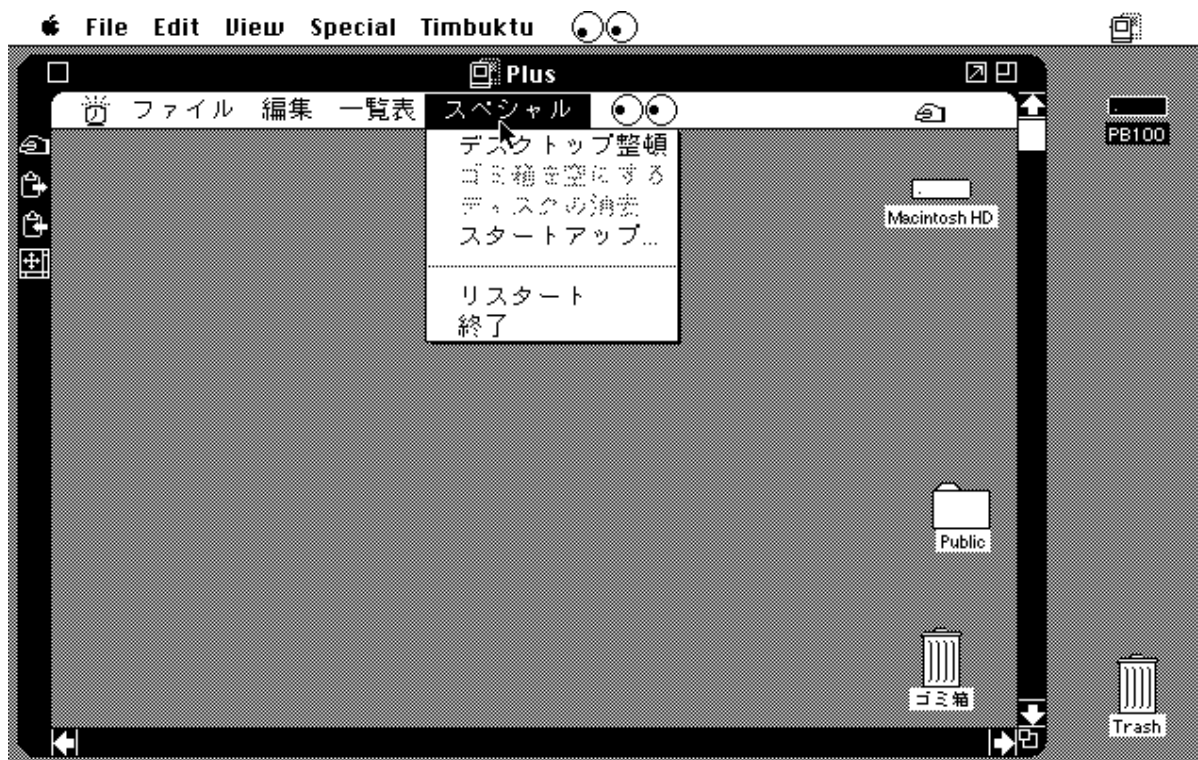
Google Docs (Google) Office365 (Microsoft)

- ドキュメントの同期型共同編集
- コメントやストレージの機能(非同期型)との統合
- モバイル端末からも利用可能

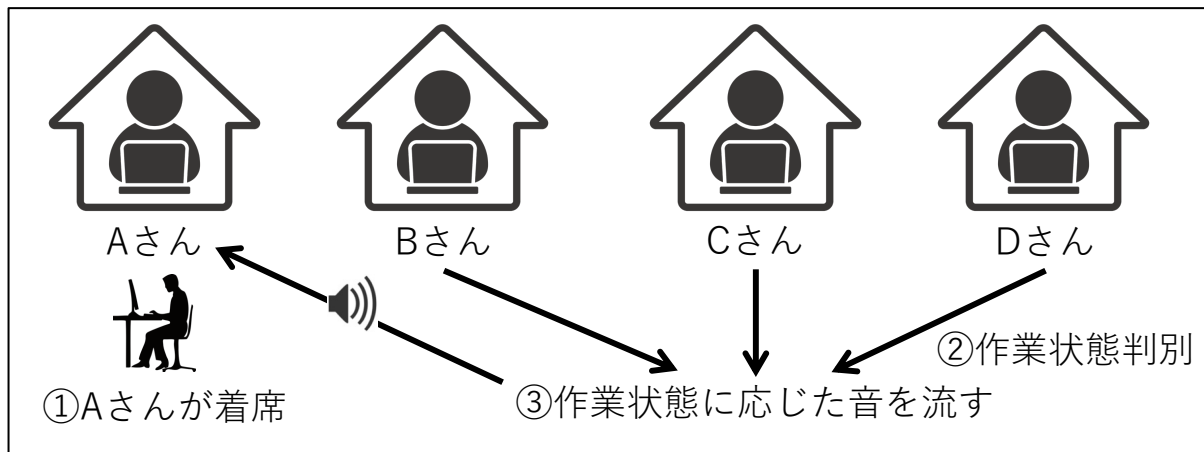
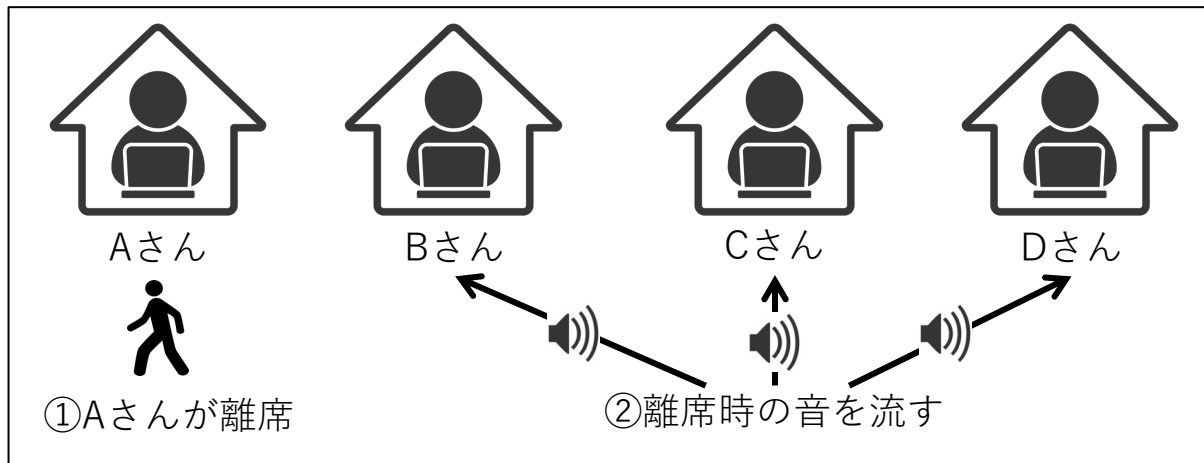


Timbuktu (Farallon, 1988)

- 遠隔コンピュータの画面を自分のコンピュータ上に表示する画面共有ソフトウェア
- 同種のものにVNC, Microsoft Remote Desktopなど



つながり感の提供 (高田研, 2024)



在宅ワークにおける孤独感の解消

Quilt (Bellcore, 1988)

- 文書協同レビュー(文書に関するグループ内のコミュニケーションと情報共有)の支援
- 文書への注釈, メッセージ交換, コンピュータ会議, 通知などの機能を提供

This is the introduction to a document. It has annotations, like this one ****, added to it. The originator, type **** and date of the annotation are given in the side window.	Anne Comment Oct. 22 Bob Private Oct. 30
---	---

Example of part of a document and its annotations

This is the introduction to a document. It has annotations, like this one ****, added to it. The originator, type **** and date of the annotation are given in the side window.	Anne Comment Oct. 22 Bob Private Oct. 30	<i>Anne Comment Oct. 22</i> The type is one of the ones defined in the collaboration style.
---	---	--

Example of reading one of the annotations

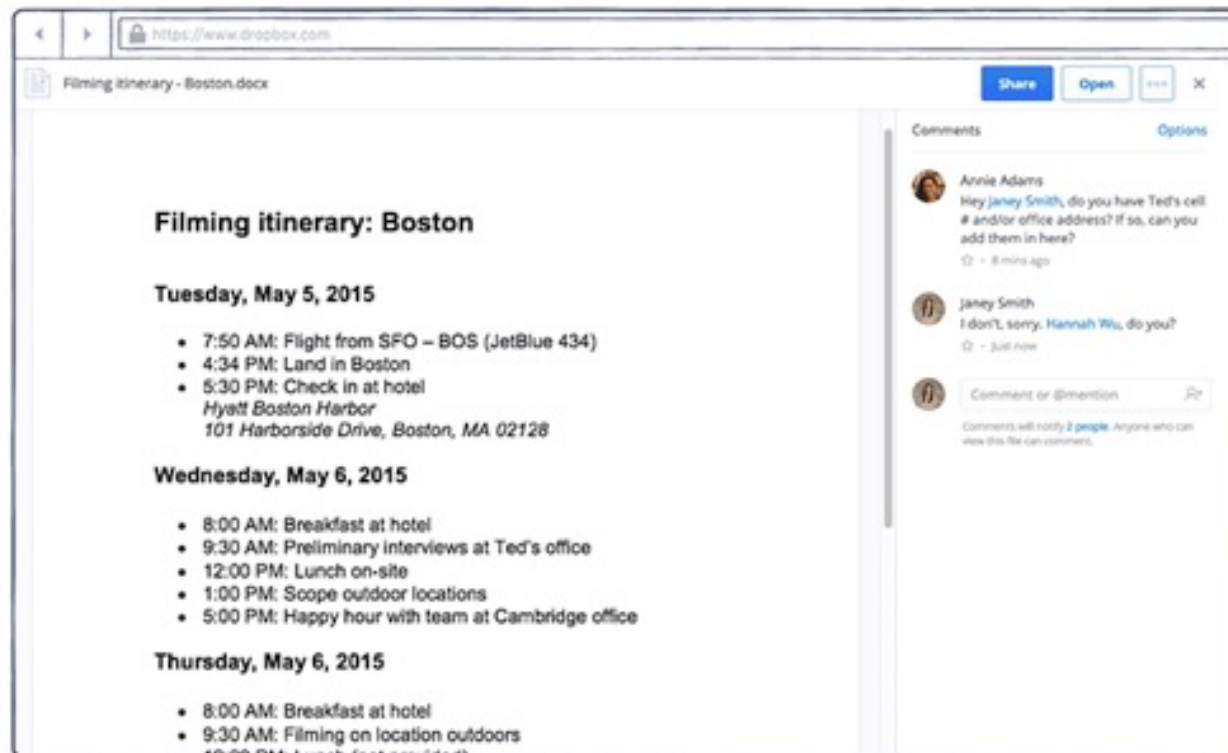
This is the introduction to a document. It has annotations, like this one ****, added to it. The originator, type **** and date of the annotation are given in the side window. ☐	Annotation Type Comment Revision Directed Message Private Note	<i>Directed Message from Bob to Anne Oct. 31</i> We should remember to point out that the comment is inserted at the current cursor location.
--	---	--

Example of Bob sending a Directed Message to Anne

Fish, Robert S., Robert E. Kraut, and Mary DP Leland. "Quilt: a collaborative tool for cooperative writing." Proceedings of the ACM SIGOIS and IEEECS TC-OA 1988 conference on Office information systems. 1988.

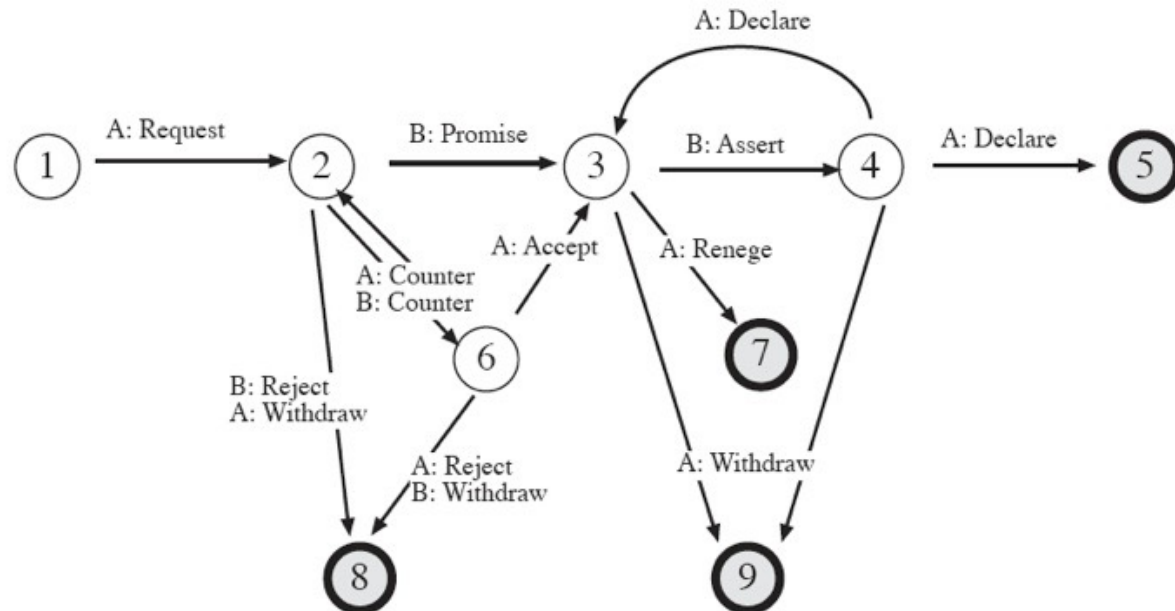
Dropbox

- オンラインストレージシステム
- 共有ファイルへコメントを付与可能
- タスク管理機能と統合されたDropbox Paperを提供



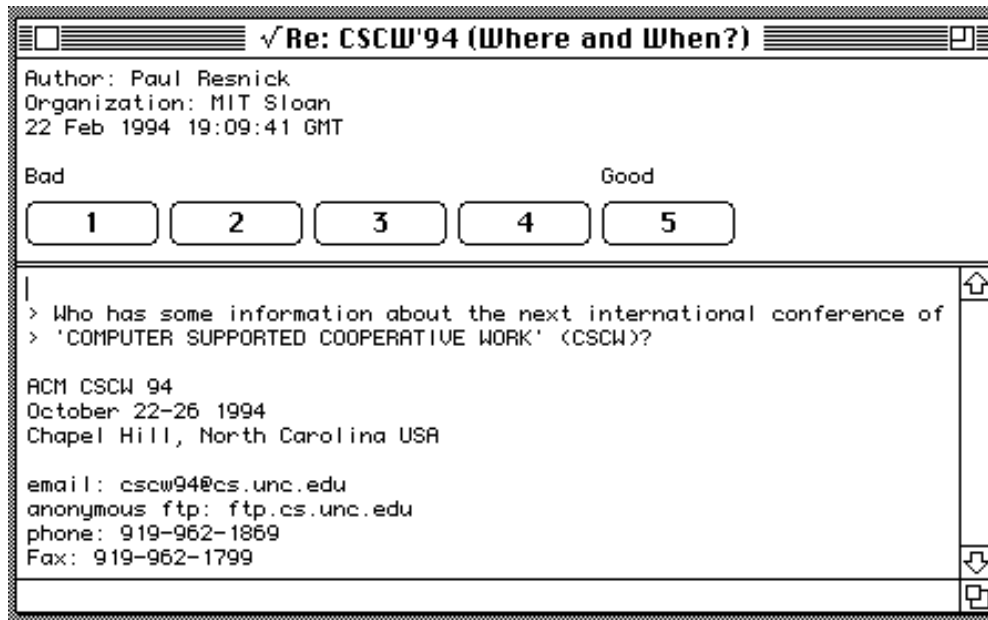
The Coordinator (Action Technology, 1986)

- 電子メールを用いてグループワークのコーディネーションを支援
- ユーザは会話モデルに基づき、メールがどのタイプの応答であるかを宣言し、システムがそれを構造化



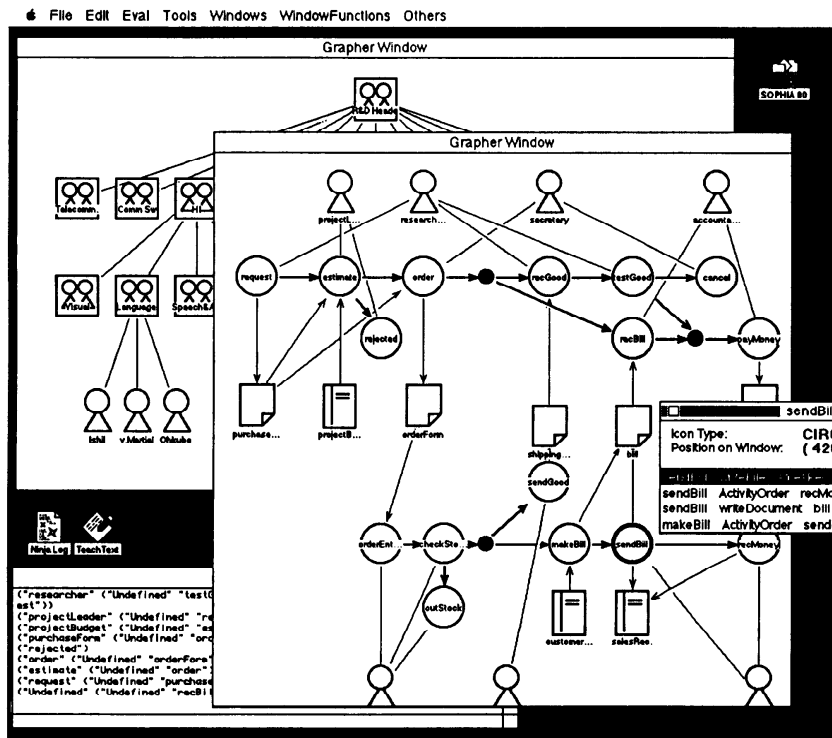
GroupLens (Minnesota大学, 1994)

- 大量の情報の中から重要あるいは緊急のものを選択する情報フィルタリング機能
- 他人の情報の選び方に関する主観評価に基づいた協調フィルタリングを実現



COOKBOOK (NTT, 1991)

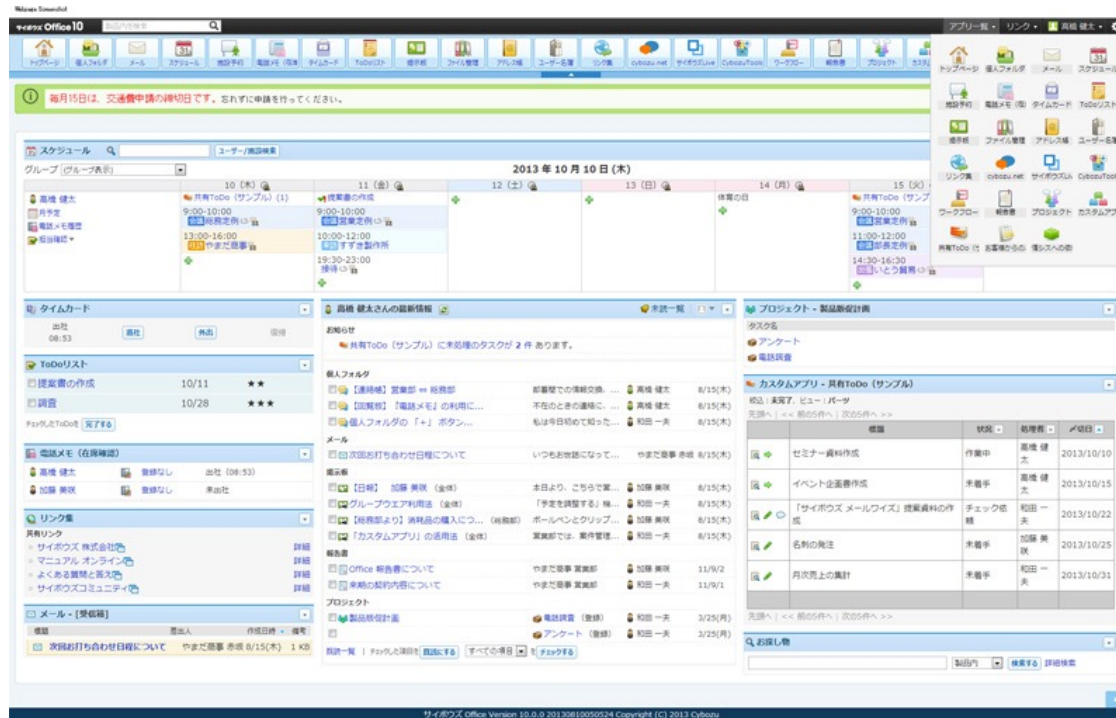
- オフィスにおける複数の担当者にまたがる仕事の流れ(ワークフロー)を支援



- グループで行われる仕事の手順, 実行主体であるエージェント, 文書・ファイルなどの構造知識をモデル化
- 人々の間の情報の流れを構造化電子メールを用いて制御

Cybozu Office (1997)

- 掲示板, ワークフロー, スケジュール管理, 報告書などの機能をWebインタフェースで提供
- クラウド版(SaaS)も提供



協調作業支援システムの評価

- 作業に対するシステムの効果を測定
- ユーザに対するアンケートにより数値化
 - 協調的な素質 (Collaborative Aptitude)
 - ユーザビリティ (Usability)
 - 認知的負荷 (Cognitive Load)
 - 関与度 (Engagement)
 - アウェアネス (Awareness)
 - 感情 (Affects/Emotions)
- 定量化した数値に対して統計的検定を実施して、有効性を検証

Collaborative Aptitude

- ユーザ自身の協調作業に対する素質を評価
- 以下のような質問に対して7段階の選択肢で回答
 - When I work in a group, it is important that all the work is done by me.
 - If I work in a group, I do everything.
 - When I participate in group works, it is important that everybody cooperates in order to finish them.
 - When I work in a group, I am capable of receiving help from my mates for solving some problem.
- 全体で38個の設問で構成

Usability

- システムの使い勝手を評価
- 以下のような質問に対して7段階あるいは5段階の選択肢で回答
 - Overall, I am satisfied with how easy it is to use this system.
 - I can effectively complete my work using this system.
 - It was easy to learn to use this system.
 - The interface of this system is pleasant.
 - I like using the interface of this system.
- 全体で13個の設問で構成

Cognitive Load

- NASA-TLX (Task Load Index)では、「知的要求」「身体的要求」「時間的要求」「作業成績」「努力」「フラストレーション」の6項目により認知的負荷を測定
 - How mentally demanding was this task?
 - How physically demanding was this task?
 - How successful were you in accomplishing what you were asked to do?
など
- 5段階, 7段階, 20段階, 100段階等で評価
- 順序尺度(平均値に意味無し)と捉える場合と,
間隔尺度(平均値に意味あり)と捉える場合がある

Engagement

- ユーザがどの程度作業に関与したかを評価
- 以下の質問に対して7あるいは5段階で回答
 - Using the system was
 - Uninteresting 1 2 3 4 5 Interesting
 - Not enjoyable 1 2 3 4 5 Enjoyable
 - Dull 1 2 3 4 5 Exciting
 - Not fun 1 2 3 4 5 Fun
 - How did you feel while collaborating with this system
 - Not absorbed intensely 1 2 3 4 5 Absorbed intensely
 - Attention was not focused 1 2 3 4 5 Attention was focused
 - Did not concentrate fully 1 2 3 4 5 Concentrated fully
 - Not deeply engrossed 1 2 3 4 5 Deeply engrossed

Awareness

- ユーザがどのくらい周囲の様子が認知できたかを評価
- 以下のような質問に対して7段階あるいは5段階の選択肢で回答
 - Right now, I am keenly aware of everything in my environment.
 - Right now, I am conscious of what is going on around me.
 - Right now, I am aware of what my teammate just did.
 - Right now, I am conscious that my teammate is aware of my actions.
- 全体で7個の設問で構成

Affects/Emotions

- 作業を実施したときの感情を評価
- 感情として、以下の20種を定義

Interested	Ashamed	Guilty	Jittery	Irritable	Upset	Determined
Enthusiastic	Distressed	Inspired	Scared	Active	Alert	Strong
Attentive	Proud	Excited	Nervous	Hostile	Afraid	

- 以下の5段階で回答を収集
 1. Very slightly or not at all
 2. A little
 3. Moderately
 4. Quite a bit
 5. Extremely

今後の展望(2025年の時点で)

- 研究として長い歴史はあるが、コロナ禍以前までは、一般の人が普通に使うという状況には程遠かった
 - これまではオフライン＋対面が主で、オンラインは補助的なものとしてみなされていたのではないか
 - コストや手間に対して大きなメリットが感じられてこなかった
- 古くからの指摘事項がやはり問題になっている
 - 目が合わない、音声が遅れる、相手の様子が分からない...
 - アウェアネス認識やコミュニケーションの円滑化をどこまで達成できるか
 - 過去の知見を踏まえつつ、現代の技術や要求に応じた研究開発が必要