非同期型のコミュニケーションを用いた共同作業における阻害要因の分析

村越 広享† 海谷 治彦† 落水 浩一郎† 佐伯 元司‡

†北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
〒923-12 石川県 能美郡 辰口町 旭台 1-1

‡東京工業大学 情報理工学研究科
〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1

本論文では，コミュニケーションの形態をパラメータとしていくつかの作業環境を設計し，プロトコル解析実験を行ない，それぞれの環境下での作業の比較から個々のパラメータの影響を明らかにする．特に非同期の形態に注目し，作業への影響を報告する．

An Analysis of Obstruction for Cooperative Work in Asynchronous Communication

Hiroyuki MURAKOSHI† Haruhiko KAIYA† Koichiro OCHIMIZU†
Motoshi SAEKI‡

†Graduate School of Information Science,
Japan Advanced Institute of Science and Technology,
1-1, Asahidai, Nomi-gun, Ishikawa, 923-12 Japan

‡Graduate School of Information Science and Engineering,
Tokyo Institute of Technology,
Ookayama 2-12-1, Meguro-ku, Tokyo 152, Japan

E-mail address: murakosi@jaist.ac.jp kaiya@jaist.ac.jp
ochimizu@jaist.ac.jp saeki@cs.titech.ac.jp

Abstract

Designing software specifications, various cooperative activities such as deciding, changing or validating a specification are performed. On such activities over a computer network, an efficiency of work or a quality of the software products seem to depend heavily on the means of communication. And a quality of communication, an efficiency of work and a quality of the products, would be often influenced by the means of communication.

We call such kind of bad effects *obstruction factor* for communication. Especially obstruction factor would be remarkable in cooperative work over a computer network.

In this paper, we will report results of the protocol analysis to recognize obstruction factor in cooperative work over a computer network, especially in asynchronous mode communication.

1 はじめに

多くのソフトウェア開発は共同作業で実施されており，そこでは仕様の決定や変更，確認といったことが行なわれる．そのような共同作業を支援するためには，その作業を行っている集団の活動方法や作業の不具合についての知識が重要であり，その知識を獲得するための実験，分析の必要がある [1]．

本論文では，共同作業がネットワークを介して行なわれる場合，作業効率や品質が，対面/遠隔，同期/ 非同期等のパラメータをもつ作業環境に大きく依存すると考え，作業効率や品質と上記のパラメータ間の関係を調べるために実施したプロトコル解析実験 [2] の結果をまとめる．実験は二段階で実施した．まず前段階として，ネットワークを介した共同作業における阻害要因の見当をつける目的で実施した予備実験 [3][4] と，予備実験の結果から非同期型のコミュニケーションに注目した本実験である．

2 予備実験

コミュニケーションの形態として，空間 (遠隔/対面) や時間 (同期/非同期)，メディア (voice/text) といったパラメータから分類した作業環境を図 1のように設計し，予備的な実験を行なうことによって，作業を阻害する要因の見当づけを行なった．

図 1: 3 つのパラメータによる作業環境

2.1 実験環境

コミュニケーションの形態のパラメータから分類した作業環境を実現するために，以下の実験環境を設計した．

実験 **1** (対面同期):
作業者同士は同じ部屋，同じ時間に共同作業を行なう．作業者は voice で相手とコミュニケーションを行なう．

実験 **2** (分散同期):
作業者同士は異なった部屋，同じ時間に共同作業を行なう．作業者は vat[1] [5] を使った voice で，相手とコミュニケーションを行なう．

実験 **3** (分散同期):
作業者同士は異なった部屋，同じ時間に共同作業を行なう．作業者は E-mail を使った text で，相手とコミュニケーションを行なう．ただし，相手からメールが届いた場合，明らかに返答の必要がない場合を除き，即座に返事のメールを送信することとする．

実験 **4** (分散非同期):
作業者同士は異なった部屋，異なった時間に共同作業を行なう．作業間隔を 30 分とし，交互に作業を行なう．作業者は E-mail を使った text で，相手とコミュニケーションを行なう．同期のコミュニケーションは一切行なわない．

各実験環境に共通な事項を以下に示す．

作業: 顧客の要求からシステムのソフトウェアの仕様 (オブジェクトモデル図) を共同で決定すること．

課題: 水泳部管理システム [6] ．このドキュメントは，約 26 行の自然語で記述されている．

最終生産物: オブジェクトモデル図 (Rumbaugh による OMT 法 [7]) ．

被験者: 本大学院大学の情報科学研究科に在籍する大学院生 8 名である．ただし被験者は，各実験毎に異なるものとする．

作業時間: おおむね 3 時間．これは，おおよそ実験課題の設計にかかる時間である．

なお，作業者は描画ツールとして Wb[2] [5] を使用し．図面を共有することが可能である．

2.2 データの分析と考察

作業者の活動の記録の中から，コミュニケーションの複雑さ，つまりコミュニケーションの特徴を数値化したものを各実験で比較した．そして各実験間の相違と作業への影響の関係を予想することにより，いくつかの阻害要因の候補の見当をつけることができた．以下にそれを示す．

対面/遠隔の比較より，

阻害要因候補 **1**: 遠隔の作業環境では，作業者が相手の作業状況を理解することが難しい．

阻害要因候補 **2**: 遠隔の作業環境では，作業者が相手の声以外の情報を得るのが難しい．

[1] visual audio tool，遠隔音声ツール
[2] white board，電子共有黒板

阻害要因候補 3: 遠隔の作業環境では，自分が参照している図を相手へ指示するのが難しい．

同期/非同期の比較より，

阻害要因候補 4: 非同期の作業環境では，作業者が Wb を利用した描画のような連続的な作業を理解するのが難しい．

阻害要因候補 5: 非同期の作業環境では，作業者が一度に様々な話題を相手に投げかける傾向にある．

その阻害要因の候補のうちで，特に作業に不具合を及ぼす原因であると考えられる阻害要因候補 5 「非同期の作業環境では，作業者が一度に様々な話題を相手に投げかける傾向にある」が，実際に作業を阻害している原因であるか否かを確かめるために，その要因が作業効率や品質に及ぼす影響を明らかにする．

この阻害要因の候補による作業への影響を分析するために，コミュニケーションの複雑さ，つまりコミュニケーションの特徴を数値化したものと作業への影響との関係の相違を，同期/非同期の作業環境の相違から明らかにする必要がある．

以上のような分析を行なうための作業環境を設計し，本実験を行なった．以下に詳細を示す．

3 本実験

3.1 実験環境

「非同期の作業環境では，作業者が一度に様々な話題を相手に投げかける傾向にある」といった現象が発生する作業環境を実現するために，コミュニケーションの同期性をパラメータとして，実験 5，6 を設計した．

まずどの実験も，以下に示す共通の条件を満足している．

作業: SE が設計したシステムの仕様書を，顧客同士が協力して満足するものに仕上げること．具体的には仕様書のバグを見つけること．バグを共同で発見するといった作業では，作業者間でコミュニケーションが発生しやすく，実験データを得やすい．

仕様書: 本大学の情報科学研究科にある輪講室の自動予約システム．このドキュメントは自然語で記述された 7 枚 (A4)．この仕様書には意図的にバグが埋め込められている．バグの種類は以下のとおりである．

前後で矛盾した箇所: 記述内容が前後で矛盾している箇所のこと．

記述があいまいな箇所: 記述内容があいまいで，様々な設計思想を生じる可能性がある箇所のこと．

明らかに仕様の変更をした方が良い箇所: 記述内容は理解できるが，システム設計上でもっと良い仕様が存在する箇所のこと．

種類毎のバグの個数を表 1に示す．

表 1: バグの分類

バグの種類	個数
矛盾した箇所	12
あいまいな記述	6
明らかに仕様の変更をした方が良い点	2

最終生産物: 顧客が満足したシステムの設計仕様書 (バグの箇所が訂正されている仕様書)．

被験者: 本大学院大学の情報科学研究科に在籍する大学院生 12 名である．この学生たちは，実際に手動の輪講室予約システムを使い，部屋を予約しゼミ等で利用している．ただし被験者は各実験毎に異なる．

作業時間: 被験者同士が満足するまで作業を行なったが，作業時間の目安が 3 ~ 4 時間程度であることを，実験前に被験者に指示する．

次に実験 5，6 の作業方法について説明する．

実験 **5** (分散同期):

作業者同士は異なった部屋，同じ時間に共同作業を行なう．作業者は E-mail を使った text で，相手とコミュニケーションを行なうことができる．ただし相手からメールが届いた場合，明らかに返答の必要がない場合を除き，即座に返事のメールを送信することとする (図 2参照)．

実験 **6** (分散非同期):

作業者同士は異なった部屋，同じ時間に共同作業を行なう．作業者は E-mail を使った text で，相手とコミュニケーションを行なうことができる．しかし，自分の発話と相手がその発話を受けとるタイミングが同期的ではない．発話を受けとる間隔は 15 分とする (図 3参照)．

各実験の被験者を表 2にまとめる．ただし被験者は各実験毎に異なる．

3.2 コミュニケーションの定義

実験 5 と 6 の被験者の電子メールによるコミュニケーションを比較するために，以下のような定義を行なう (図 4参照)．

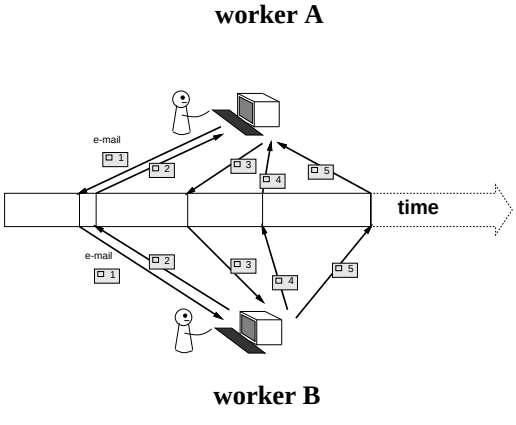

図 2: 実験 6(分散同期) の作業方法

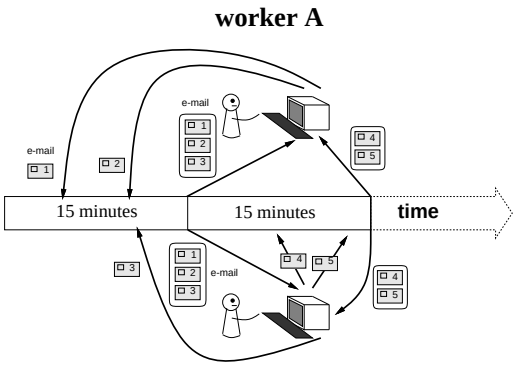

図 3: 実験 5(分散非同期) の作業方法

発話: 前後と関係している文章のまとまり
会話: 前後と関係している発話のまとまり
会話の長さ: 会話を構成する発話の個数
完全な会話: 終結している会話
不完全な会話: 途切れている会話
メールの複雑さ: 一回のメール中の発話の個数

3.3 解析方法

コミュニケーションが同期的に行なわれない作業環境で発生すると考えられる現象，

作業者が一度に様々な話題を相手に投げかける．

による影響を明らかにするために，実験 5，6 の被験者同士のコミュニケーションと作業効率，品質の関係を分析する．

具体的には，コミュニケーションの複雑さ，つまりコミュニケーションの特徴を数値化したものと作業への影響の関係を分析する．今回の分析では，コミュニケーションの複雑さとして，

表 2: 各実験の被験者

実験 5(同期)	実験 6(非同期)
ペア A	ペア D
ペア B	ペア E
ペア C	ペア F

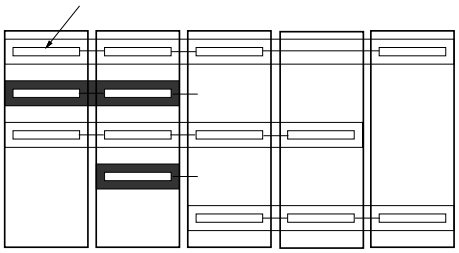

図 4: コミュニケーションの定義

- 一度に投げかけられる話題数 (メールの複雑さ)
- 発話あたりのメールの複雑さ
- 会話の長さ

を取り上げる．そのためには，各実験毎に被験者の電子メールの内容を分析し，発話単位に分類する．そしてその発話の前後関係から会話の構成を組み立てる必要がある．

また不完全な会話は何かしらの話題が途切れているといえるので，作業に悪影響を与える可能性があると予想できる．そこで作業への影響として，

- 完全な会話の割合
- 不完全な会話の発生

を取り上げる．ただし「完全な会話の割合」とは，全会話中で完全な会話の占める割合とする．

コミュニケーションの複雑さと作業への影響との関係の相違を実験 5，6 から分析する．その相違から，コミュニケーションの同期性と作業への影響との関係を明らかにする．

3.4 データの分析

3.4.1 一度に投げかけられる話題数と完全な会話の割合との関係

一度に投げかけられる話題数と完全な会話の割合の関係を分析するために，完全な会話の割合とメールの複雑さの平均を各実験毎に算出し，同期の結果を表 3に非同期の結果を表 4にまとめ，メールの複雑さの平均と完全な会話の割合の関係を分析する．

表 3: メールの複雑さの平均 (同期)

被験者	完全な会話の割合	メールの複雑さの平均
ペア A	76.5%	2.04
ペア B	82.8%	2.88
ペア C	62.5%	1.05

表 4: メールの複雑さの平均 (非同期)

被験者	完全な会話の割合	メールの複雑さの平均
ペア D	52.2%	2.87
ペア E	73.7%	1.68
ペア F	61.5%	1.96

表 3 , 4より , メールの複雑さの平均と完全な会話の割合の関係をグラフに示すと図 5の曲線となった . 図 5のグラフは , メールの複雑さの平均による完全な会話の割合の変化を表しており , 同期/非同期で異なった曲線となっている . つまり同期/非同期の作業環境の相違によって , メールの複雑さの平均による完全な会話の割合の変化が異なる傾向にあることがいえる . 具体的には ,

> 非同期の作業環境では , メールの複雑さの平均が大きくなるほど , 完全な会話の割合が小さくなる . 反対に同期の作業環境では , メールの複雑さの平均が大きくなるほど完全な会話の割合が大きくなる .

といった傾向にあることがいえる .

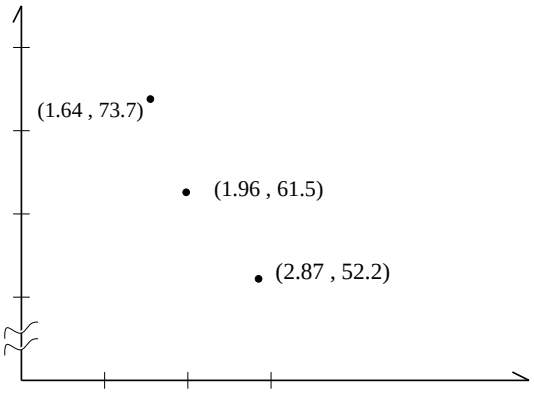

図 5: メールの複雑さの平均と完全な会話の割合の関係

つまり ,

> 非同期の作業環境では , 一度に複数の話題が相手に投げかけられるほど , 完全な会話の割合が小さくなってしまう . 反対に同期の作業では , 完全な会話の割合が小さくはならない . ただし同期と非同期で , 一度に投げかけられる話題数には , あまり差異がみられない .

といった傾向にあることがいえる .

また非同期と同期ではメールの複雑さの平均がほぼ等しく , 一度に様々な話題が投げかけられやすいといえる . つまり非同期の作業環境では一度に様々な話題が投げかけられやすく , 完全な会話の割合は小さくなる傾向にあるといえる .

3.4.2 発話あたりのメールの複雑さと不完全な会話の発生との関係

この節では , 不完全な会話の発生と発話あたりのメールの複雑さとの関係を分析する . まず発話あたりのメールの複雑さを完全/不完全な会話の発話毎に求め , その平均を各実験毎に算出し表 5(同期) , 6(非同期) に示す .

表 5: 複雑さの平均 (同期)

被験者	不完全な会話	完全な会話
ペア A	3.44	2.71
ペア B	2.89	3.44
ペア C	1.13	1.07
平均	2.49	2.41

各実験の複雑さを , 不完全な会話と完全な会話で分散分析 [8] を行なった . 同期の作業の場合は以下

表 6: 複雑さの平均 (非同期)

被験者	不完全な会話	完全な会話
ペア D	3.83	4.12
ペア E	2.86	2.28
ペア F	3.58	2.45
平均	3.42	2.95

に示すように，ペア B を除いて差異がみられないといえ (ペア B は危険率 0.5%で不完全な会話の方が完全な会話よりも少ない)，発話あたりの複雑さが不完全/完全な会話には関係があるとはいえない．

ペア **A:** $f = 3.22 < F(1, 91, 0.05)$

ペア **B:** $f = 4.03 > F(1, 209, 0.05)$ 5%の危険率

ペア **C:** $f = 0.218 < F(1, 21, 0.05)$

非同期の作業の場合も以下に示すように，ペア F を除いて差異がみられないといえ (ペア F は危険率 2.5%で不完全な会話の方が完全な会話よりも多い)，発話あたりの複雑さと不完全/完全な会話には関係があるとはいえない．

ペア **D:** $f = 0.24 < F(1, 42, 0.05)$

ペア **E:** $f = 1.76 < F(1, 37, 0.05)$

ペア **F:** $f = 5.46 > F(1, 48, 0.25)$ 2.5%の危険率

以上の結果より，同期と非同期のどちらの場合も，完全な会話と不完全な会話の発話あたりの複雑さには差異がみられない傾向にあることがわかった．

発話あたりの複雑さが大きいということは，一度に投げかけられる話題数が多いことを表しており，同期と非同期の両方の場合とも，不完全な会話の発生が，一度に投げかけられる話題数に関係がない傾向にあることがいえる．

3.4.3 不完全な会話の発生と会話の長さの関係

会話の長さと不完全な会話の発生の関係を分析する．

完全な会話と不完全な会話の長さを各実験で求め，その平均を表 7(同期) と表 8(非同期) にまとめる．

不完全な会話の長さと完全な会話の長さについて，各実験で分散分析を行なったところ，同期の場合は以下に示すように，長さに差異がみられないといえ，

ペア **A:** $f = 4.13 < F(1, 32, 0.05)$

ペア **B:** $f = 3.07 < F(1, 56, 0.05)$

ペア **C:** $f = 0.302 < F(1, 6, 0.05)$

反対に非同期の場合は，以下に示す危険率で不完全な会話が完全な会話より短いといえた．

表 7: 会話の長さの比較 (同期)

被験者	不完全な会話	完全な会話
ペア A	2.00	2.96
ペア B	2.70	3.77
ペア C	2.67	3.40
平均	2.46	3.38

表 8: 会話の長さの比較 (非同期)

被験者	不完全な会話	完全な会話
ペア D	1.63	2.17
ペア E	1.40	2.29
ペア F	1.20	2.38
平均	1.41	2.28

ペア **D:** $f = 4.45 > F(1, 21, 0.05)$ 5%の危険率

ペア **E:** $f = 7.07 > F(1, 17, 0.025)$ 2.5%の危険率

ペア **F:** $f = 15.4 > F(1, 24, 0.01)$ 1%の危険率

以上の結果をまとまると，非同期の作業環境では会話が完全となるか不完全となるかが会話の長さと関係があり，不完全な会話の方が完全な会話よりも会話が短い傾向にあるといえる．反対に同期の作業環境では，不完全な会話と完全な会話の長さに差異がない傾向にあることがいえる．

つまり非同期の作業環境では，長さが短い会話は途切れている可能性が高いと考えられ．さらに不完全な会話の長さの平均が約 1.4 であることから，非同期の作業環境では，特に会話の初期段階で話題が途切れやすいことがいえる．

表 5(同期)，6(非同期) を参考にして，同期/非同期毎に分散分析したところ，以下の結果が得られた．

- 不完全な会話の長さの平均は，非同期の方が同期よりも短い ($f = 39.59 > F(1, 4, 0.01)$ $p < 0.01$))．
- 完全な会話の平均は，非同期の方が同期よりもが短い ($f = 20.68 < F(1, 4, 0.025)$ $p < 0.025$)．

よって，

会話の長さの平均は，完全であろうが不完全であろうが非同期の方が同期よりも短い．

といった傾向がいえる．

以上より，会話の長さとは会話に含まれる発話の個数のことを表すので，非同期の方が同期より一回の会話の発話数が少ないことがわかる．

ここで発話に含まれる情報の大きさとして，発話の大きさを定義する．

発話の大きさ: ある話題について作業者は，発話のやりとりによって必要な情報を獲得する．その話題に必要な情報のうちで，一回の発話で相手に伝える大きさのこと．

同じ話題について議論した場合，お互いが議論するのに必要な情報量が同期/非同期で変わらないと仮定でき，発話のやりとりの回数が同期/非同期で異なることがいえる，また非同期の場合に短い会話が不完全であることが多いにもかかわらす，同期ではその影響がないというのは，非同期の作業環境では同期よりも，一回の発話の大きさが多いからだと予想できる．以上より，非同期の作業環境では一回の発話の大きさが多く，やりとりの少ない会話が，同期の作業環境では一回の発話の大きさが少なく，やりとりが多い会話が発生しやすいと考えられる (図6参照)．

図 6: 発話の大きさの比較

以上の結果から，不完全な会話の発生の原因と会話の長さの関係を．同期/非同期の作業環境毎にまとめる．

非同期の作業環境: 長さが短い会話が不完全である場合が多く，同期の作業より一回の発話の大きさが，発話のやりとりが少ない会話が発生しやすい．短い会話は不完全でありやすく，特に会話の初期段階で話題が途切れやすい．

同期の作業環境: 会話の長さの長短は会話が完全/不完全になるかに関係ない．非同期の作業より一回の発話の大きさが小さく，発話のやりとりが多い会話が発生しやすい．

3.5 阻害要因の仮定

非同期の作業環境では，メールの複雑さの平均と完全な会話の割合の分析から，一度に様々な話題が投げかけられやすく，完全な会話の割合が小さくなりやすい傾向にあることがわかった．

しかし不完全な会話の発生と発話あたりのメールの複雑さとの関係の分析からは，不完全な会話の発生と発話あたりのメールの複雑さには関係があるとはいえず，不完全な会話の発生が一度に投げかけられる話題数に関係がないといった傾向にあることがわかった．また不完全な会話の発生と会話の長さとの関係を分析したところ，一回の発話の大きさが大きく，やりとりが少ない会話が発生しやすく，会話が短い場合，特に会話の初期段階で不完全な会話が発生することが多い傾向にあることがわかった．

以上から，一回の大きさが大きい発話が複数投げかけられるほど不完全な会話の発生が頻繁になり，完全な会話の割合が小さくなる傾向にあることが予想できる．よって非同期の作業環境では，

> 不完全な会話の発生は，一度に様々な話題が投げかけられることが原因ではなく，一回の発話の大きさが大きく，発話のやりとりが少ない会話が発生しやすいことが原因である．その原因は，一度に複数の話題が投げかけられるほど強く会話に影響を及ぼし，完全な会話の割合を小さくする．

といった傾向が予想できる．

また同期の作業環境では，メールの複雑さの平均と完全な会話の割合の分析から，一度に投げかけられる話題数が多いほど，完全な会話の割合が大きくなる傾向にあることがわかった．しかし不完全な会話の発生原因と一度に投げかけられる話題数の関係の分析からは，不完全な会話の発生原因と話題数には関係がない傾向にあることがわかった．また不完全な会話の発生原因と会話の長さより，一回の発話の大きさが小さく，やりとりが多い会話が発生しやすく，会話の長さが完全/不完全で関係がないことがわかった．

以上から，一回の大きさが小さい発話が複数投げかけられても不完全な会話の発生が頻繁にならず，完全な会話の割合が小さくなるとは限らない傾向があることが予想できる．よって同期の作業環境では，

> 不完全な会話の発生は，一度に複数の話題が投げかけられることや会話の長さの長短が原因ではない．非同期と異なって，一度に複数の話題が投げかけられても，完全な会話の割合が小さくなるとは限らない．

といった傾向が予想できる．

またメールの複雑さと完全な会話の割合の比較より，同期の方が完全な会話の割合が大きくなる可能性が高く，同期/非同期でメールの複雑さに差異がみられないといえた．つまり非同期では一度に様々な話題が話題が投げかけられやすい傾向にあるといえた．

以上より，非同期の作業環境で作業に悪影響を及ぼす可能性のある要因 (作業の阻害要因) を以下に仮定する．

非同期の作業環境の阻害要因: 一回の発話の大きさが大きく，やりとりが少ない会話を行ない，一度に様々な話題を相手に投げかけること．ただしこの要因は，一度に投げかけられる話題数が多いほど強く影響を及ぼす．

4 まとめと今後の課題

本論文では，コミュニケーションの形態を空間 (遠隔/対面) や時間 (同期/非同期)，メディア (voice/text) といったパラメータから分類した作業環境を設計し，予備実験を行なうことによって，作業環境に存在する作業の阻害要因を見当づけた．本実験では，その阻害要因の中から，非同期の作業環境では、作業者が一度に様々な話題を投げかける傾向にある 」について詳しく分析し，新たな阻害要因を仮定した．

本実験では同期の場合，メールの複雑さが大きくなるほど完全な会話の割合が大きかった．これは，完全な会話の定義が原因の一つだと考えられる，なぜなら，同期の場合の不完全な会話の中には，明確な了承の発話がなくても終結している会話が存在する可能性があるからである．よって厳密な分析を行なうためには，完全/不完全な会話の定義について，さらなる検討を行なう必要がある．

また以下に分析結果より考察した今後の実験についてまとめる．

- 対面/遠隔の比較より明らかにした阻害要因の候補の影響を分析するために，より詳細な実験を実施する必要がある．
- 今回の本実験では，実験 5 ，6 とも 3 組の被験者によって行なわれた．分析したデータは 3 種類しかなく，より厳密な分析するためには，もっと被験者の数を増やしてサンプル数を多くする必要がある．
- 本実験で明らかにした非同期の作業環境の阻害要因を取り除いた環境で実験を行なうことによって，その阻害要因を取り除いたことによる影響を分析し，仮定した阻害要因を考察する必要がある．
- 本実験の分析で，作業に悪影響を与える度合として完全な会話の割合を仮定したが，完全な会話の割合，つまり不完全な会話の発生と作業への影響との相関関係が明らかにする必要がある．

謝辞

本研究は，文部省科学研究費一般研究 (C)(課題番号 07680348) の援助の下に実施された．

参考文献

[1] Gray M. Olson, Judith S.Olson, Mark R. Carter, and Marianne Storrostern. Small group design meetings: An analysis of collaboration. *Journal Of Human-Computer Interaction*, Vol. 7, pp. 347–374, 1992.

[2] 海保博之, 原田悦子. プロトコル分析入門. 新曜社, 1993.

[3] 村越広享, 海谷治彦, 落水浩一郎. ネットワークを介した共同作業における阻害要因の分析. 日本ソフトウェア科学会第 12 回大会論文集, pp. 233–236, Sep. 1995.

[4] Hiroyuki MURAKOSHI and Haruhiko KAIYA and Koichiro OCHIMIZU. An analysis of obstruction in cooperative work over a computer network. In *International CASE Symposium'95 (CICS'95)*, pp. 98–103, Oct. 1995.

[5] Hans Eriksson. Mbone: The multicast backbon. *Communications of the ACM*, pp. 54–60, Aug. 1994.

[6] 落水浩一郎, 東田雅宏. オブジェクトモデリング. ジャストシステム, 1995.

[7] James Rumbaugh et al. *OBJECT-ORIENTED MODELING AND DESIGN*. Prentice-Hall,inc, 1991.

[8] 篠原昌彦. 確率 ・統計. 朝倉書店, 1989.