共同ソフトウェア開発における 非同期型コミュニケーションの特徴と 生産物に与える影響の分析

An Experimental Study: Caracterictics of Asynchronous Communication and Analysis of Software Products caused by it in Cooperative Software Development

村越 広享† 海谷 治彦† 落水 浩一郎†
Hiroyuki MURAKOSHI† Haruhiko KAIYA† Koichiro OCHIMIZU†

†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
〒 923-12 石川県 能美郡 辰口町 旭台 1-1
1-1, Asahidai, Tatsunokuchi-machi, Nomi-gun, Ishikawa, 923-12 Japan
Phone: +81-761-51-1262 Fax: +81-761-51-1360
E-mail address: {murakosi, kaiya, ochimizu}.jaist.ac.jp

要旨

共同ソフトウェア開発において生産物の品質を保証するためには，コミュニケーション支援は重要である．効果的なコミュニケーション支援手段の一つとしてグループウェアの利用が考えられるが，この際適切なグループウェアを選択するための尺度が必要である．我々は現在，会話形態が会話の連続性に与える影響について研究している．本論文では，共同ソフトウェア開発の上流工程に注目し，空間，時間，メディア特性に焦点をあて，それらのパラメータの相違によるコミュニケーションの特徴の違いを洗い出し，特に会話の連続性を特徴づける要因についての考察結果をまとめる．

1 はじめに

ソフトウェア開発では，複数の人間が共同で作業を行なうことが多い．共同ソフトウェア開発における作業は様々な形態に分類でき，高品質な生産物を生成し作業効率を良くするための手段が，作業形態毎に異なると予想される [1]．作業者間の地理的距離や作業時間帯の相違を克服し，効果的な計算機支援を行なうためには，それぞれに適したツールを利用すべきである [2]．

本論文では，共同ソフトウェア開発の上流工程に注目する．上流工程では，要求の獲得や仕様の決定，レビューといった共同作業が行なわれる．この作業では，要求や仕様のあいまいさや不確実さを減少させるために，作業者間でコミュニケーションが発生する．もし，このコミュニケーションが円滑に進められない場合，作業者間に認識の違いが発生し，仕様にバグが混在しやすくなる．またそのバグは，工程が下流に進むにつれてソフトウェアの設計コストを大きくしてしまうことがある．

コミュニケーション支援ツールとして，多くのグループウェアが開発されている [3][4] [5]．共同ソフトウェア開発の様々な作業形態や作業者の都合，作業状況などに適合した，適切なグループウェアを選択するための尺度が必要である [6]．作業効率や生産物の良否といった観点から，グループウェアの効果を分析する研究が進められている．しかし，共同執筆などのタスクに焦点をあてているものが多く [7][8]，共同ソフトウェア開発を分析対象としたものは少ない．さらに評価尺度を導入し，計算機を介した共同作業を定量的に評価しているものも少ない．

本論文では，コミュニケーションの円滑な支援が，品質の向上や作業効率の改善につながるいう立場から，その評価手段を検討する．この時，様々なグループウェアをすべて分析することは不可能なので，計算機が支援するコミュニケーション環境の，空間 (遠隔/対面)，時間 (同期/非同期)，メディア (Voice/Text) 特性 [9] に焦点をあて，それらの特性が共同作業へ与え

る影響，具体的には，コミュニケーションの特徴と，それが生産物に与える影響について分析する．類似の方法としては，文献 [10] では計算機技術による遠隔作業の効果を分析するために，遠隔/対面の比較実験を行なっている．評価方法としては，文献 [11] で行なわれているように，コミュニケーションの変数を定義し，それを用いて，定量的にコミュニケーションを評価する尺度を導入し評価する．具体的には，文献 [12] で行なわれているように，会話のターンテーキングに注目し，会話構造を分析する．

続く 2節では，予備実験としてパラメータが 1 つだけ異なった 4 つの実験環境を設計し，1 つのパラメータが異なった実験同士を比較分析した結果を述べる [13]．その結果から，コミュニケーションの時間特性に注目し，3節では，非同期型コミュニケーションの特徴と完全性の関係を推測し，仮説をたてる．続く 4節では，前節の仮説の検証を行なうために，コミュニケーションの同期/非同期をパラメータとして本実験を設計し，会話の構造を分析する．5節では，仮説の検証から，同期型と比較しながら，非同期型コミュニケーションの特徴やその特徴が生産物に与える影響を考察する．

2 予備実験 (会話形態に依存する問題の洗い出し)

様々なグループウェアが，空間 (遠隔/対面) ・時間 (同期/非同期) ・メディア (Voice/Text) 特性から分類可能であるとし [9]，それらの特性が共同作業へ与える影響を分析する．以下に，3 つの特性の詳細を説明する．

1. 空間 (対面/遠隔): 作業者同士が対面して作業を行なう/行なわない．
2. 時間 (同期/非同期): 作業者同士のインタラクションが同期/非同期．
3. メディア (Voice/Text): 作業者同士が音声 (Voice)/テキスト (Text) で会話を行なう．

2.1 実験方法

CSCW の研究者の間では，大学の研究室で行なわれる実験的作業は，実験集団を構成する背景や作業ノルマ等が明確でなく，現実の作業と異なることが指摘されている．しかし文献 [14][15] で行なわれているように，研究室の実験的作業を現実の世界に近づけるために，被験者には，ある程度の制限した時間内で遂行する必要のあるタスクを与えることにする．

上述した 3 つの特性を用いて，図 1に示す 4 つの実験を設計した，実験 1，2 より対面/遠隔の差異を，実験 2，3 より，コミュニケーションメディアの差異 (Voice/Text) を，実験 3，4 よりコミュニケーションの時間的なずれを分析することができる．

図 1: 3 つのパラメータによる予備実験

3 つのパラメータを用いて設計した 4 つの共同作業実験の詳細を以下に示す．

実験 1 (対面 ・Voice ・同期):
作業者同士は同じ部屋，同じ時間に作業を行なう．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 (遠隔 ・Voice ・同期):
作業者同士は異なった部屋，同じ時間に作業を行なう．作業者は VAT[1] [16] 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 (遠隔 ・Text ・同期):
作業者同士は異なった部屋，同じ時間に作業を行なう．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．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 (遠隔 ・Text ・非同期):
作業者同士は異なった部屋，異なった時間に作業を行なう．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．

実験 3 の場合に，同期型コミュニケーションで E-mail を使用したのは，実験 3 と実験 4 の比較分析を行なう際に，ツールの相違による影響を取り除くためである．

またどの実験とも，以下に示す共通条件を満足している．

タスク: 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 [17]．このドキュメントは，約 26 行の自然語で記述されている．

[1] Visual Audio Tool，遠隔音声ツール

最終生産物: オブジェクトモデル図 (Rumbaugh による OMT 法 [18]) .

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 . この学生たちは , Rumbaugh による OMT 法について学習している . また被験者は , 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] [16] を使用し . 図面を共有することができる . また被験者を学生としているのは , 複数の環境で , 同じタスクの実験を実施しやすく , タスク実行に必要な知識を持ち , 作業を遂行することが可能であると考えたからである .

2.2 分析結果

実験 1 と 2 , 実験 2 と 3 , 実験 3 と 4 を比較することによって , 各特性が作業に及ぼす影響を分析した . しかし , 実験 1 と 2 , 実験 2 と 3 の比較分析では , 定量的に作業への影響を明らかにすることができなかった . 以下にそれを示す .

実験 **1** と **2**: 実験 2(遠隔) の場合 , 相手の作業を中断したり話題の対象を特定しづらい .

実験 **2** と **3**: 実験 3(Text) の場合 , 描画と会話を一緒に行ないづらい .

実験 **3** と **4**: 表 1より , 一度に相手に投げかける話題数と発話のやりとり数が , 実験 3(同期) と実験 4(非同期) の間で差異がある . また表 2より , 話題の終結する割合が同期/非同期で差異がある [13] .

3 同期性による影響の仮説

文献 [19] では , 「Text 型のコミュニケーションが同期的に行なわれたとしても , 様々な話者によって次々と異なった話題が取り上げられるので , 話題が並行に進みやすい . そのため , 作業者が会話のコンテキストを獲得しづらい 」としている . このことから , Text 型のコミュニケーションの時間的なずれが , 作業に悪影響を及ぼす可能性が考えられる . 実験 3 と実験 4 の比較分析結果からも , 非同期の作業環境では , 一度に相手に投げかける話題数に差異がみられ , 話題が並行に進められやすいことがいえる . また , 話題の終結割合が非同期の作業では悪く , 作業に悪影響を及ぼす可能性を示している .

予備実験の結果から , 発話のやりとり数にも差異があった . これは , 実験 4 の非同期型コミュニケーションの方が , 相手の返答が即座にもらえないからだと考えられる . ただし , 実験 3 は Text による同期型コミュニケーションであるので , 文献 [19] で言われているように , 話題が並行に進められる可能性がある . しかし実験 3 の作業者は 2 人であり , 話題が次々に取り上げられることがあまりない . よって実験 3 と実験 4 を比較することで , 同期性の相違について分析できるとする . 同期性と作業の参加人数の関係についても考察すべきであろうが , 今回の実験では考えないことにする .

以上より , 同期と比較した非同期型のコミュニケーションの特徴を推測する . 以下にそれを説明する .

仮説 **1**: 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 , 複数の話題を同時に取り扱う必要が多い . そのような状況では , 会話のコンテキストを理解しづらく , すべての話題について処理することができないので , 終結しない会話が発生しやすくなる .

仮説 **2**: 非同期の作業環境のように , 相手からの返答が即座にもらえないような環境では , 発話のやりとりが少なくなりやすい .

4 本実験 (発話の複雑さと会話の完結度との関係)

予備実験の分析結果から , 非同期型のコミュニケーションに関して 2 つの仮説をたてた . この仮説を確かめるために , 同期/非同期をパラメータとして詳細な実験を行なった .

4.1 実験方法

図 2に示す実験 5 , 6 を設計した . 実験 5 , 6 よりコミュニケーションの時間的なずれ , すなわち同期性の分析が可能となる .

図 2: 同期/非同期による本実験

以下に実験 5 , 6 の詳細を示す .

実験 **5** (遠隔 ・Text ・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 .

[2] White Board , 電子共有黒板

表 1: 話題数と発話のやりとり数の比較 (同期/非同期)

	実験 3(同期)	実験 4(非同期)	f 検定の結果
話題数	1.26	4.27	$f = 112.3 > F(1, 44, 0.01)$
発話のやりとり数	2.10	1.31	$f = 11.81 > F(1, 55, 0.01)$

表 2: 話題の終結割合の比較 (同期/非同期)

	実験 3(同期)	実験 4(非同期)	χ^2 検定の結果
終結割合	52.4%	24.3%	$y = 4.36 > \chi^2(1, 2, 0.05)$

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 3参照)．

実験 **6** (遠隔・Text・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を 15 分とする (図 4参照)．

予備実験の場合と同様に，実験 5 の同期の場合も，E-mail を利用したコミュニケーションを行なった．この理由は，予備実験の場合と同様に，ツールの相違による影響を取り除くためである．

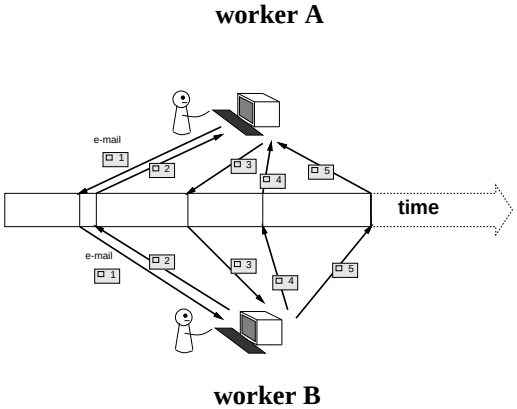

図 3: 実験 5 の作業方法

どの実験も，以下に示す共通の条件を満足している．

タスク: SE が設計したシステムの仕様書を顧客の立場からレビューすること [20]．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

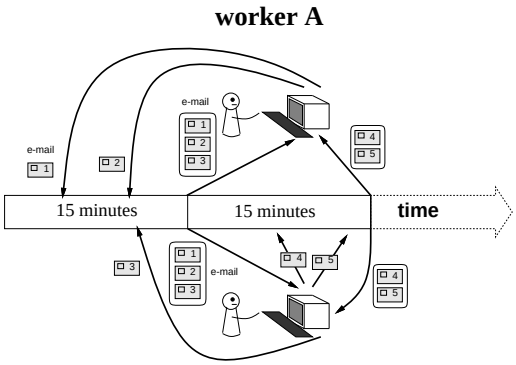

図 4: 実験 6 の作業方法

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 3に示す．

表 3: バグの分類

バグの種類	個数
矛盾した箇所	10
あいまいな記述	7
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．ペア A，B，C が実験 5 を，ペア C，D，E が実験 6 を行なう．この学生たち

は，実際に手動の輪講室予約システムを使って輪講室を予約し，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．

4.2 コミュニケーション変数の定義

実験 5 と実験 6 を比較分析するために，図 5に示すようなコミュニケーション変数を定義し，それを用いて，コミュニケーションの特徴を表す変数を導入する．

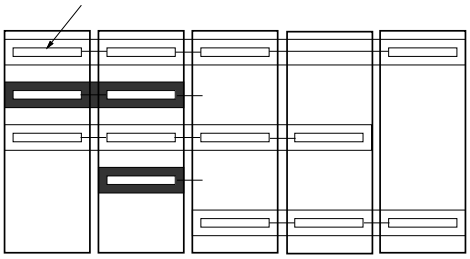

図 5: コミュニケーション変数の定義

発話: 同じ話題を言及している文章のまとまりのこと．図 5では，小さい方の長方形で表現されている．

ターン: 相手から，発話のかたまりを投げかけられること．1 ターンとは，発話のかたまりを 1 度，相手から投げかけられる行為とする．図 5では，発話を表現する小さい長方形を含んでいる大きい長方形が，発話のまとまりを意味している．

会話: 同じ話題である発話の列のこと．発話は，例えば，“提案”，“了承”，“質問”，“解答” といった役割をもち，それらが前後と関係し，一つのまとまりとなったものが会話である．図 5では，会話は水平のラインでリンクされている発話の列で表現される．

ターンあたりの複雑さ: 1 ターンで相手に投げかけられる発話の個数のこと．この尺度は，予備実験の分析における，一度に相手に投げかけられる話題数と同一のものであり，時間特性に影響を受けると予想できる．

会話の長さ: 会話を構成する発話の個数のこと．相手から，即座に返答があるようなコミュニケーションの場合，発話は短く内容は簡単となり，会話を終結するためには，発話のやりとりが多くなると仮定でき，この評価尺度は時間特性に影響を受けると予想できる．

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

会話の完全性: 会話の完全性は，隣接した発話のペア [21] によって認識することができる．例えば，ある人が質問する場合，相手からの解答がある．この質問と解答は，隣接した発話のペアであるといえる．提案と了承や，要求と受諾は典型的な隣接した発話のペアといえる．発話の質問，解答といった行為による意味づけは，文献 [22] を参考にする．ここで，もし質問に対して解答がない場合，その会話は不完全な会話であり，会話が終結してないとみなすことにする．また反対に隣接した発話のペアで終結している会話は完全な会話であり，会話が終結しているとみなす．

4.3 分析結果

コミュニケーションの特徴を表す変数を用いて，同期/非同期型コミュニケーションの比較分析を行ない，予備実験の結果から推測した仮説を確かめる．

4.3.1 ターンあたりの複雑さ

定義より，ターンあたりの複雑さは，一度に相手に投げかけられる話題数と同一のもので，一回のメール中の発話の個数を示している．仮説 1 を検証するために，ターンあたりの複雑さの平均と完全な会話の割合を各実験毎に算出し，表 4にまとめ，それらの関係を分析する．

表 4より，ターンあたり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 6のような特性が観測された．同期のグラフは，ターンあたりの複雑さが増加すると，完全な会話の割合も増加しているが，反対に非同期のグラフは，ターンあたりの複雑さが増加すると，完全な会話の割合が減少している．つまり，時間特性の相違によって，ターンあたりの複雑さと完全な会話の割合との関係が異なっていることがわかる．

仮説 1 の検証　予備実験の結果より推測した　非同期型のコミュニケーションでは，一度に様々な話題が投げかけられやすい」というのは，本実験の結果から確認できなかった．しかしながら，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るならば，会話が終結しづらくなることがわかった．これは仮説 1 と同様の結果となった．また，このような状況は同期の作業環境ではみられず，様々な話題が投げかけられるほど，会話が終結しやすくなっていた．

表 4: ターンあたりの複雑さの平均と完全な会話の割合の関係

同期	完全な会話の割合	複雑さの平均	非同期	完全な会話の割合	複雑さの平均
ペア A	76.5%	2.04	ペア D	52.2%	2.87
ペア B	85.7%	2.88	ペア E	73.7%	1.68
ペア C	62.5%	1.05	ペア F	61.5%	1.96

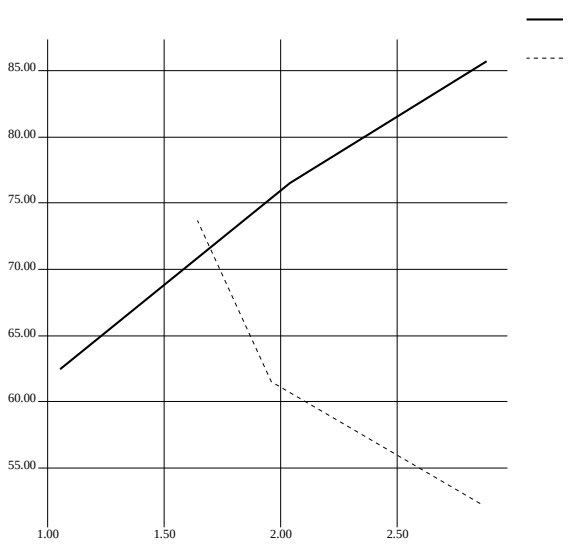

図 6: ターンのあたりの複雑さの平均と完全な会話の割合の関係

同期と非同期のターンあたりの複雑さに差異がなかったのは，コミュニケーション手段として E-mail を使用したからだと推測する．なぜなら，E-mail はチャットシステムと異なり，同期の場合も非同期と同様に，自分がメールを書いている間は，相手からの束縛が少ないからである．

4.3.2 会話の長さ

定義より，会話の長さは会話を構成する発話の個数のことを示し，会話が長いというのは発話のやりとりが多いことを示している．仮説 2 を検証するために，会話の長さと会話の完全性との関係を分析する．完全な会話の長さと不完全な会話の長さを各実験毎に算出し，同期の場合を表 5に，非同期の場合を表 6にまとめる．

表 5(同期)，表 6(非同期) を参考にし，完全な会話の長さの平均と不完全な会話の長さの平均を同期/非同期で分散分析し，以下の結果がえられた．

- 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 $(f = 12.97 > F(1,4,0.025)\ \ p < 0.025)$．
- 完全な会話の長さの平均は，非同期の方が同期よりもが短い $(f = 10.96 > F(1,4,0.05)\ \ p < 0.05)$．

よって完全/不完全に関わらず，会話の長さの平均は非同期の方が同期よりも短いことがいえる．つまり非同期の作業環境では，やりとりの少ない会話が発生しやすく，それは会話の完全性と関係がないことがわかる．

次に，時間特性の相違によって，会話の完全性と会話の長さの関係が変化するかを分析する．表 5より同期の場合は，完全な会話と不完全な会話の長さに差異がないが，反対に非同期の場合は，表 6より差異があるといえる．さらに非同期の場合では，短い会話は未終結の可能性が高く，不完全な会話の長さの平均が 1.4 であることから，特に会話の初期段階で途切れやすいことがいえる．

仮説 2 の検証　予備実験の結果でも推測したように，非同期の作業環境では同期の場合よりも会話の長さが短い．つまり発話のやりとりが少ないコミュニケーションが発生しやすいことがわかった．

さらに本実験の結果より，

- 同期の場合は，会話の完全性と会話の長さが無関係である．
- 非同期の場合は，会話の完全性と会話の長さに関係があり，短い会話ほど途切れている可能性がある．特に非同期の場合，会話の初期段階で途切れやすい．

ことを導いた．

以上をまとめると，非同期の作業環境では会話が短くなりやすく，完結しない傾向にあり，特に会話の初期段階では，その傾向の強いことがいえる．

5 考察

導入した評価尺度によって，コミュニケーションの特徴を同期/非同期で比較し会話の構造を分析する．さらに会話の完全性との関係を明らかにする．そして会話の完全性と，その特徴が作業に与える影響を考察する．

表 5: 会話の長さの比較 (同期)

被験者	不完全な会話	完全な会話	f 検定の結果
ペア A	2.00	2.96	$f = 4.13 < F(1, 32, 0.05)$
ペア B	3.00	3.89	$f = 3.07 < F(1, 56, 0.05)$
ペア C	2.67	3.00	$f = 0.302 < F(1, 6, 0.05)$
平均	2.56	3.28	

表 6: 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	f 検定の結果
ペア D	1.63	2.17	$f = 4.45 > F(1, 21, 0.05)$
ペア E	1.40	2.29	$f = 7.07 > F(1, 17, 0.025)$
ペア F	1.20	2.38	$f = 15.4 > F(1, 24, 0.01)$
平均	1.41	2.28	

5.1 発話の大きさ

一般的に，作業者同士が発話のやりとりの少ない会話を行なっている状況では，なるべく多くのことを一度に相手に伝えてしまいたいといった感情になることが予想できる．また，発話のやりとりが少ないことは，自分が発話に至るまでの考える時間が長いことを意味しており，一度に多くの内容を伝えることが可能となる．また，相手から一度に様々な話題が投げかけられる場合，その一つ一つの話題の内容は少ない方が理解しやすいことがいえ，話題を完結しやすいといえる．仮説 1 の検証からは，非同期の作業環境は，一度に様々な話題が投げかけられるほど，会話が終結しづらくなるといった状況にあることを導いた．さらに仮説 2 の検証からは，非同期の作業環境は同期と比較して，会話が短いことを導いた．

よって，短い会話，つまり発話のやりとりが少ない会話の場合，発話が大きいことが予想できる．また反対に長い会話，つまり発話のやりとりが多い会話の場合は，発話が小さいことが予想できる．以上より，発話の大きさを会話の長さといった尺度で評価することが可能であり，発話のやりとりが少ないと発話が大きく，発話のやりとりが多いと発話が小さいことが予想できる．

5.2 話題の並列度

話題の並列度，つまり話題をどれだけ並列に進めているかは，ターンあたりの複雑さによって評価できる．非同期の作業環境では，ターンあたりの複雑さが増加することにより会話が終結しづらくなる，つまり話題を並列に進めるコミュニケーションほど，話題が完結しない傾向にあることがわかる．これは，複数の話題を同時に取り扱うため，会話のコンテキストの理解が困難になるからだと予想できる．しかし，これについては確かめられていない．

反対に同期の作業環境では，ターンの複雑さが増加することにより，会話が完結しやすくなるといった結果が得られた．ただし，ターンあたりの複雑さが，ある範囲まで増加したならば，完全な会話の割合は増加しなくなると考えられる．

以上より，ターンあたりの複雑さから非同期型コミュニケーションを同期型と比較評価すると，一度に多くの話題を相手に伝える傾向があるならば，会話が終結しづらいことがいえる．

5.3 会話の構造

非同期型のコミュニケーションでは，同期の場合と異なって発話のやりとりが少ない，つまり発話が大きくなりやすく，会話が途切れやすいことがわかった．また話題が並列に進められるほど，会話が途切れやすくなることがわかった．以上の結果より，非同期型コミュニケーションの特徴を考察する．非同期の作業環境では，話題が並行に進められるほど理解しづらく，会話が途切れやすい．これは発話の大きさに関係していると考えられる．つまり発話が大きいため，話題が並行に進められると，会話のコンテキストを理解しづらくなり，話題が完結しづらくなると考えられる．反対に同期型コミュニケーションの場合は，ある程度話題が並行に進められても，発話が小さいため，話題が完結しづらくならないことがいえる．さらに非同期型コミュニケーションでは，特に会話の初期段階で途切れやすいといった結果が得られた．これは，会話の初期段階では特に，会話のコンテキストを理解しづらいにもかかわらず，大きい発話が原因となり，より理解

の困難さを増大させているからだといえる．

よって同期，非同期型コミュニケーションの会話の構造として，図7に示すものを考える．この会話の構造の相違が，会話の完全性の相違の原因と考えられる．

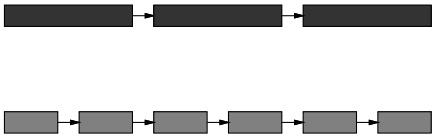

図 7: 会話の構造

5.4 会話の完全性による作業への影響

ソフトウェア開発において，要求仕様決定段階のバグは，システム設計の際のおおきな欠点になるといわれている，そのようなバグを防ぐ方法として，仕様レビューといった作業が古くから行なわれている[20]．ソフトウェア工学の成果が実際の開発に適用され，ソフトウェア開発の方法が発展しているが，このレビュー作業の重要性の比率が減少することはなく，レビュー作業におけるバグの発見割合は，ソフトウェア開発に大きな影響を及ぼすであろう．

仕様レビューの段階では，単純に矛盾した箇所を発見するといった作業は容易であると考えられる．しかし，あいまいな記述を明らかにしたり，仕様の変更をした方が良い箇所を指摘し，新たな仕様を提案する作業は，複雑かつ困難であると予想できる[23]．文献[24]では，あいまいな記述を明らかにしたり，仕様の変更点を明確にするといった作業について分析した結果，同期の作業の方が非同期より，バグ発見の割合が高いといった結果が得られた．また，そのバグ発見の割合の相違が，会話の長さと関係があることを導いた．具体的には非同期の作業環境では，あいまいな記述や仕様の変更点を明確にする作業は，会話が長くなりやすいことがいえた(表7参照)．

表 7: あいまいな記述の発見，仕様の変更に関する比較

	会話の長さの平均	発見割合の平均
同期	3.14	0.296
非同期	3.00	0.042

本実験の結果より，非同期型のコミュニケーションは発話が大きく，やりとりの少ない傾向にあり，長い会話は話題が途切れやすいことを導いた．しかし，あいまいな記述や仕様の変更点を明確にするための話題を完結するには，長い会話が必要であり，バグ発見の割合が良くなかった．よって話題の完結性が，生産物の品質の代替特性であるバグ発見の割合に，影響を与える可能性が予想できる．

6 今後の課題

今後の課題として，以下のことについて考えている．

6.1 会話のコヒーレンス

文献[19]では，Text 型コミュニケーションのコヒーレンス[3]に着目し，その達成の方法を検討している．具体的な達成方法として，提案された話題順に議論を進めることが示されている，もし会話のコヒーレンスが達成されないならば，作業者間の認識の不一致が発生しやすく，話題が完結しないことが考えられる．そこで，提案された話題順に議論を進めている度合を計る尺度を導入し，完全な会話の割合との関係を明らかにすることを考えている．それにより，時間特性によるコミュニケーションへの影響が，さらに明らかになることを期待している．

6.2 実験結果の一般性

本実験では各実験環境毎に 3 ペアの大学院生を被験者としている．大学院生を利用した点については，2 節で述べたように，複数の同じタスクの作業を実験することが可能だからである．また被験者である大学院生は，実験タスクを行なうだけの知識があったが，大学院生間のスキル差については，考慮していなかった．これについては，今後考えていきたい．また複数の同じ環境の実験を行ない，同期/非同期の結果を統計的に比較分析することにより，同期型とは異なった非同期型のコミュニケーションの傾向をつかめたと考えている．

本実験のタスクは，仕様のレビュー作業と設定したが，生産物への影響に関していえば，あいまいな記述や仕様の変更点を明確にするためのコミュニケーションに関して言及しているので，タスク固有の結果であると考えている．

6.3 同期型コミュニケーションの電子メールによる影響

同期型コミュニケーションでは E-mail を用いたが，それは同期/非同期の比較実験でツールの影響を取り

[3] 和訳は「一貫性」になる．文献中の意味は，Text 型による相手からのメッセージと，そのメッセージのコンテキストを結びつけること．

除くためであった．しかし反対に，同期の作業で E-mail を用いたために発生する弊害があると考えられ，考察の必要がある．具体的には，協調作業のダイナミクスに関しての議論が必要だと考える．なぜなら同期作業で E-mail を用いたために，相手がしゃべっているときも，会話ができるといった同期型のコミュニケーションの方法が制限されているからである．この制限を取り除く方法として，同じ Text 型のコミュニケーションツールである，チャットシステムを利用することが考えられる．

そのような観点から考えると，今回の実験結果は同期/非同期の相違を発話の受け取るタイミングの相違によるコミュニケーションの特徴を分析しているとも考えられる．よって，同期作業のダイナミックスの効果については，チャットシステムを利用した実験を行ない，分析を行なう必要がある．

6.4 今後の実験計画

今回の分析では，コミュニケーションの同期性に焦点をあて実験を行ない分析を行なった．そこで今後，他の 2 つのパラメータ，空間 (対面/遠隔)，メディア (Voice/Text) の相違によるコミュニケーションの特徴の違いを分析し，その違いによる作業への影響を明らかにするために，厳密な実験の計画をしている．

また本実験の結果から，非同期型コミュニケーションでは，発話のやりとり数 (発話の大きさ) と一度に相手に投げかけられる話題数が会話の完全性に関係していることを導いた．そこで，やりとり数と投げかけられる話題数を制限する実験を行ない，会話の完全性への影響を分析することを計画している．

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] Joseph E. McGrath. *Groups: INTERACTION AND PERFORMANCE*. Prentice-Hall, 1984.

[2] Motoshi Saeki. Communication, Collaboration and Cooperation in Software Development - How Should We Support Group Work in Software Development? In *Proceeding of 1995 Asia Pacific Software Engineering Conference*, pp. 12–20, Brisbane, Australia, Dec. 1995. Australiaon Computer Society, IEEE Computer Society Press.

[3] Kazuo Watanabe, Shiro Sakata Kazutoshi Maeno, Hideyuki Fukuoka, and Toyoko Ohmori. Distributed Multiparty Desktop Conferencing System: MERMAID. In *CSCW90*, pp. 27–38, Oct. 1990.

[4] Christine M. Neuwirth et al. Computer Support for Distributed Collaborative Writing: Defining Parameters of Interaction. In *CSCW'94 proceedings*, pp. 145–152, Oct. 1994.

[5] Hiroshi Ishii, Minoru Kobayashi, and Kazuho Arita. Iterative Design of Seamless Collaboration Media. *Comm. of ACM*, Vol. 37, No. 8, pp. 83–97, Aug. 1994.

[6] 落水浩一郎. ソフトウェア開発におけるグループウェア開発の役割. ソフトウェアツールシンポジウム'92, pp. 83–92, 1992.

[7] Jolene Galegher and Robert E. Kraut. Computer-Mediated Communication for Intellectual Teamwork: A Field Experiment in Group Writing" CSCW'90. In *CSCW'90 proceedings*, pp. 65–78, Oct. 1990.

[8] Eevi E. Beck and Victoria M. E. Bellotti. Informed Opportunism as Strategy: Supporting Coordination in Disributed Collaborative Writing. In *ECSCW'93 proceedings*, pp. 233–248, Sep. 1993.

[9] C. A. Ellis, S. J. Glbbs, and G. L. Rein. GROUPWARE some issues and experiences. *Commun. ACM*, Vol. 34, No. 1, pp. 39–58, Jan. 1991.

[10] Abigail J. Sellen. Remote conversations: The effects of mediating talk with technology. *Journal Of Human-Computer Interaction*, Vol. 10, pp. 401–444, 1995.

[11] Andrew Monk, John McCarthy, Leon Watts, and Owen Daly-Jones. Measures of Process. In Peter Thomas, editor, *CSCW Requirements and Evaluation*, chapter 9, pp. 125–139. Springer, 1996.

[12] Abigail J. Sellen. Speech pattens in video-mediated conversations. In *CHI'92 proceedings*, pp. 49–59, May 1992.

[13] Hiroyuki Murakoshi, 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.

[14] 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.

[15] Judith S. Olson, Gray M. Olson, Marianne Storrosten, and Mark Carter. How a Group-Editor Changes the Character of a Design Meetings as well as its Outcome. In *CSCW'92 proceedings*, pp. 91–98, Nov. 1992.

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

[17] 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.

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

[19] John C. McCarthy, Peter C. Wright, and Andrew F. Monk. Coherence in text-based electronic conferencing: Coupling text and context. *Jounal of Language and Social Phychology*, Vol. 11, No. 4, pp. 267–277, 1992.

[20] Daniel P. Freedman and Gerald M. Weinberg. *HANDBOOK OF WALKTHROUGHS, INSPECTIONS, AND TECHNICAL REVIEWS*. Little, Brown and Company (Inc.), 1982.

[21] Charles Goodwin and John Heritage. Conversation analysis. *Annual Reviews Anthropoly*, Vol. 19, pp. 283–307, 1990.

[22] J.R. Searle. *Speech Acts*. Cambridge University Press, 1969.

[23] Donald C. Gause and Gerald M. Weinberg. *Exploring Requirements: Quarity Before Design*. Dorset House Publishing Co.,Inc., 353 West 12th Street, New York, NY 10014, 1989.

[24] 村越広享, 海谷治彦, 落水浩一郎. 共同ソフトウェア開発における非同期型コミュニケーションの生産物への影響. 佐伯元司, 権藤克彦 (編), レクチャーノート/ソフトウェア学 17 ソフトウェア工学の基礎 III, pp. 166–169, 会津若松, Dec. 1996. 日本ソフトウェア科学会 FOSE'96, 近代科学社.