筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類

卒業研究論文

所要時間見積もりの予測的可視化を用いた複数タスクのスケジューリング支援

杉山 将利

指導教員　川口 一画，志築 文太郎

2023 年 2 月

概要

認知バイアスのひとつである計画錯誤にはその影響を軽減するために様々な手法が提案されている．本研究では計画錯誤の軽減手法として提案された予測的可視化を複数タスクのスケジューリング支援に用いる．先行研究ではひとつのタスクについて予測的可視化を行い，経過時間を表示している．この表示形式では同時に複数タスクの予測的可視化をしたり，それを考慮しながらスケジューリングはできない．そこで，本研究ではスケジュール管理に一般的に使われているカレンダーアプリケーションの表示へ先行研究に基づき予測的可視化を取り入れたアプリケーションを開発した．これにより複数タスクでの予測的可視化が可能になった．また，カレンダーアプリケーションに予測的可視化を取り入れるにあたり，カレンダーアプリケーション上で使いやすい予測的可視化の表示形式を調査し実装した．

目 次

第 1 章　序論 **1**
1.1 背景 1
1.1.1 計画錯誤 1
1.1.2 予測的可視化 1
1.2 課題 2
1.3 目的とアプローチ 2
1.4 本論文の貢献 2
1.5 本論文の構成 2

第 2 章　関連研究 **3**
2.1 計画錯誤 3
2.1.1 タスク分解 3
2.1.2 サプライズリスト 3
2.1.3 悲観的なシナリオの検討 4
2.1.4 予測的可視化 4
2.2 カレンダーアプリケーション上での情報可視化 4
2.2.1 ストレスデータの可視化 4
2.2.2 カレンダーのスケジュール制約の可視化 5
2.2.3 ガントチャートでの不確実性の可視化 5
2.3 本研究でのアプローチ 5

第 3 章　アプリケーション **6**
3.1 アプリケーションの構成 6
3.2 予測的可視化のための計算 6
3.3 カレンダー表示 8
3.3.1 通常のカレンダー表示 9
3.3.2 予測的可視化を取り入れたカレンダー表示 9
3.4 評価実験のための機能と制約 10

第 4 章　予測的可視化を取り入れたカレンダー表示の評価 **11**
4.1 アンケート内容 11
4.2 アンケート結果 13

4.3 考察 13

第 5 章 評価実験 **17**
5.1 実験環境 17
5.2 実験手順 17
5.3 アンケート 29
5.4 評価項目 30
5.5 結果 30
5.5.1 条件間でのタスク B とタスク C の開始時刻 31
5.5.2 各タスクの重なりの有無および重なり時間 32
5.5.3 条件間でのスケジューリングの難易度 33

第 6 章 考察 **36**
6.1 条件間でのタスク B とタスク C の開始時刻 36
6.2 各タスクの重なりの有無および重なり時間 36
6.3 条件間でのスケジューリングの難易度 36
6.4 所要時間見積もりの困難さ 37
6.5 カレンダーアプリケーションでのスケジューリング 37
6.6 自由記述のアンケート質問項目 37

第 7 章 今後の課題 **39**
7.1 評価実験 39
7.1.1 実験設計の改善 39
7.1.2 実験参加者の追加 39
7.1.3 実験タスクの追加 39
7.2 アプリケーションの改善 40
7.2.1 複数日かかるタスクへの拡張 40
7.2.2 予測的可視化のカレンダー表示の改善 40
7.2.3 実生活での評価 40

第 8 章 結論 **41**

謝辞 **42**

参考文献 **43**

付 録 A 予測的可視化を取り入れたカレンダー表示の評価アンケート **45**

付 録 B 評価実験アンケート **50**

付 録 C 全ての実験参加者のカレンダー表示 **52**

C.1 通常表示条件 52
C.2 予測表示条件 53

図目次

3.1 サブタスクの所要時間を入力するフォーム 7
3.2 サプライズイベントの発生確率と影響時間を入力するフォーム 8
3.3 通常のカレンダー表示 9
3.4 通常のカレンダー表示の入力フォーム 9
3.5 予測的可視化を取り入れたカレンダー表示 10

4.1 アンケートで示した度数分布表 12
4.2 Q1「度数分布表の情報（所要時間予測）を考慮して実際にスケジューリングをするとき、A1-B2 のどのカレンダー表示を最も使いたいですか？」の回答結果 13
4.3 Q2「A1 について『このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？』」の回答結果 14
4.4 Q3「A2 について『このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？』」の回答結果 14
4.5 Q4「B1 について『このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？』」の回答結果 15
4.6 Q5「B2 について『このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？』」の回答結果 15

5.1 実験タスクの開始画面 18
5.2 通常表示条件でのスケジューリングの画面 20
5.3 タスク分解を用いた時間見積もりの入力フォーム 21
5.4 サプライズリストによる時間見積もりの入力フォーム 22
5.5 タスク A の所要時間見積もりの入力フォーム 23
5.6 通常表示条件でのカレンダー表示 24
5.7 タスク C のカレンダー上でのスケジューリングの画面 25
5.8 予測表示条件でのスケジューリングの画面 26
5.9 予測表示条件でのタスク C の表示 27
5.10 予測表示条件での想定するスケジューリングの画面 28
5.11 実験タスクの終了画面 29
5.12 実験参加者のスケジューリングによる通常条件のカレンダー表示 32
5.13 実験参加者のスケジューリングによる予測表示条件のカレンダー表示 33
5.14 Q2「通常のカレンダー表示について - スケジューリングについて」の回答結果 34

5.15 Q4「予測的可視化のカレンダー表示について - スケジューリングについて」の回答結果 34
5.16 Q3「予測的可視化のカレンダー表示について - 予測的可視化について」の回答結果 35

6.1 Q1「通常のカレンダー表示について - 所要時間見積もりについて」の回答結果 37

表 目 次

4.1 Q2 から Q5 の回答の平均値と標準偏差 13

5.1 実験参加者の各条件でのタスク B とタスク C の開始時刻 31
5.2 タスク B とタスク C の各条件での開始時刻の差とその平均値 31

第1章　序論

本論文では，所要時間見積もりの予測的可視化をカレンダー表示に取り入れた複数タスクのスケジューリング支援を提案する．本章では，まず本研究の背景と課題を説明し，次に本研究の目的とアプローチを示す．その後，本研究の貢献を示し，最後に本論文の構成を示す．

1.1　背景

本研究は，認知バイアスのひとつである計画錯誤 [1] の軽減手法として提案された予測的可視化 [2] をもとにしている．本節では，まず計画錯誤について説明し，その後，予測的可視化について説明する．

1.1.1　計画錯誤

計画錯誤とは，タスクの所要時間を見積もる際に発生する認知バイアスのひとつである．計画錯誤が起こると，タスクの所要時間見積もりは実際よりも短く楽観的になるため，所要時間を正確に見積もることができない．

計画錯誤の軽減手法はいくつか提案されている． タスク分解 [3] は，タスクをサブタスクに分割し，それぞれのサブタスクの所要時間を見積もることで計画錯誤を軽減する手法である．サプライズリスト [4] は，タスクを行ううえで，通常では起こらない予期しない出来事をリストアップし，それを考慮してタスクの所要時間を見積もることで計画錯誤を軽減する手法である．

1.1.2　予測的可視化

計画錯誤を軽減するために提案された手法として，予測的可視化 [2] がある．予測的可視化は計画錯誤の軽減手法のひとつであるタスク分解とサプライズリストを組み合わせてタスクの所要時間を見積もった結果を可視化することで，計画錯誤を軽減する手法である．この研究ではこれまで，計画錯誤の軽減手法が大きな改善を示していないのは，それらの手法が頭で計算するのが困難な複合確率分布や混合分布を用いているためであるという考えに基づいている．そこで，この研究ではタスク分解とサプライズリストによる計画錯誤の軽減手法での時間見積もりの計算結果を分位点プロットとラインチャートによって可視化した．

1.2 課題

先行研究ではひとつのタスクについて対しての予測的可視化を行っている．しかし，日常生活においては 1 日に複数のタスクを行うことが多く，その際にはそれぞれのタスクの所要時間を見積もる必要がある．また，その所要時間見積もりを考慮して，タスクの開始時刻を決定する必要がある．

日常生活に予測的可視化を取り入れるには，複数タスクの予測的可視化を可能にする必要がある．先行研究は横軸が経過時間の分位点プロットであったが，そのままでは複数タスクの予測的可視化には向かないと考えられる．そのため，複数タスクの予測的可視化の表示形式を検討する必要がある． 日常生活で予測的可視化を活用するためには，日常的に使用するアプリケーションに組み込む必要がある．

1.3 目的とアプローチ

本研究の目的は，予測的可視化を複数タスクの所要時間見積もりに適用することで，複数タスクのスケジューリングを支援することである．そのために，複数タスクの所要時間を見積もり，複数タスクのスケジューリングが可能なアプリケーションを開発する．

日常生活での予測的可視化の活用を目的としているため，日常的に使用するアプリケーションに予測的可視化を組み込む必要がある．そのため，本研究ではカレンダーアプリケーションに予測的可視化を取り入れる．また，カレンダーアプリケーションに適した予測的可視化の表示方法を調査し，実装する．

1.4 本論文の貢献

本研究の貢献は以下の通りである．

- 複数タスクの所要時間見積とスケジューリングを行うアプリケーションを開発した．
- カレンダーアプリケーションに適した予測的可視化の表示方法を調査・実装した．

1.5 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである．第 1 章では，本研究の背景と課題，目的とアプローチ，および貢献を示した．第 2 章では，本研究に関する関連研究を述べる．第 3 章では，本研究で開発したアプリケーションについて述べる．第 4 章では，予測的可視化を取り入れたカレンダー表示の評価について述べる．第 5 章では，開発したアプリケーションを用いて実施した評価実験について述べる．第 6 章では，評価実験の結果をもとに，本研究で提案したアプリケーションについての考察を述べる．第 7 章では，本研究の結論を述べる．第 8 章では，本研究の今後の課題を述べる．最後に，本研究の付録を記載する．

第2章　関連研究

本章では，本研究に関連する研究を述べる．

2.1　計画錯誤

あるタスクについての事前の所要時間見積もりをすると実際よりも短く楽観的な見積もりになる [1]．このような思考の傾向は系統的に認められており，計画錯誤と呼ばれている．

計画錯誤の原因には過去のタスクの経験を利用しないことが考えられている．Thomas らの研究 [5] では所要時間見積もりの際には，過去のタスクの経験を考慮するものの，その情報を利用することが必ずしも計画錯誤を軽減するとは限らないとしている．また，Roy らの研究 [6] ではタスクの経験よりも，計画錯誤にはタスクに関連する記憶が影響することが示唆されている．

Buehler らの研究では，タスクを早期に完了することに対する金銭的インセンティブが与えられた場合，タスクの所要時間見積もりはさらに楽観的な見積もりになることが示唆されている [7]．このようにして引き起こされる計画錯誤を軽減するための手法はこれまでに多く提案されている．

2.1.1　タスク分解

タスク分解はタスクをサブタスクに分割し，それぞれの所要時間を見積もる手法である [4]．この手法はタスクの所要時間見積もりの際に，そのタスクを自発的にサブタスクに分割しないため楽観的な見積もりになるという仮説に基づいている．ひとつのタスクを複数のサブタスクに分割することを促し，そのサブタスクごとに所要時間見積もりをすることで計画錯誤を軽減できるとしている [8]．

2.1.2　サプライズリスト

サプライズリストはタスクの所要時間を見積もるときにトラブルや中断が発生することに楽観的であるために計画錯誤が起こるという仮説に基づいている [4]．そのため，この手法ではタスクの所要時間見積もりの際にトラブルや中断による影響の考慮をするようにすることで計画錯誤を軽減できるとしている．

2.1.3 悲観的なシナリオの検討

Newby-Clark らはタスクの所要時間見積もりは最良のシナリオに似ているとし，所要時間見積もりの際に楽観的なシナリオと悲観的シナリオのそれぞれを検討することの違いを調べた [9]．その結果，他人の所要時間見積もりをする際には悲観的なシナリオを考慮するが，自分自身の所要時間見積もりをする際にはそれを考慮しないため，著者らは悲観的なシナリオを検討することは個人の計画錯誤の軽減には効果的ではないと結論づけた．

2.1.4 予測的可視化

予測的可視化 [2] は Koval らによって提案された計画錯誤の軽減手法である．これまでの計画錯誤の軽減手法が大きな改善を示していないのは，それらに複合確率分布や混合分布の計算が含まれ，頭の中でその計算をするのが難しいためであるという前提に基づいている．

予測的可視化では単一のタスクに対して，計画錯誤の軽減手法のタスク分解 [4] とサプライズリスト [4] を用いてユーザが所要時間見積もりを Web アプリケーションのフォームにそれぞれ入力する．その入力をもとにモンテカルロ法を用いて所要時間予測を計算し，その度数分布を横軸が階級，縦軸が度数となるドットプロットで表現する．クラウドソーシングでの実験によって，予測的可視化は慎重な見積もりを促し，計画錯誤を軽減することが示されている．

日常生活においては，1 日に複数のタスクを行うことが多い．これらに対しても予測的可視化を同様に行うことで計画錯誤を軽減できると考えられる．しかし，予測的可視化は単一のタスクを所要時間見積もりと可視化の対象としているため，複数タスクの予測的可視化はできない．複数の予定やタスクの管理には，Google Calendar[10] や Outlook[11] などのカレンダーアプリケーションがよく用いられている．そこで，本研究ではこのようなカレンダーアプリケーションに複数タスクの予測的可視化を組み込むことで，複数タスクの予測的可視化を実現することを目指す．

2.2 カレンダーアプリケーション上での情報可視化

本研究ではカレンダー上で複数タスクの予測的可視化を行う．そのため，カレンダーやそれに類するアプリケーション上での情報可視化について調査した．

2.2.1 ストレスデータの可視化

Semikina[12] は，ストレスデータの可視化のために時系列データの可視化のための技術を網羅的に調査し，ストレスデータをカレンダー上で可視化するための手法を提案している．提案手法を用いた実験の結果，可視化の種類によってユーザのストレス知覚が変化することや，色を使った可視化は形を使った可視化よりも直感的に理解できことが示されている．

2.2.2　カレンダーのスケジュール制約の可視化

カレンダー上での会議のスケジューリングを支援する研究がこれまでに行われている [13]. Faulring らはカレンダー上でのスケジュール制約をグラデーションなどで可視化する，availability bar という手法を提案した [14]．スケジューリング制約には，会議室の空き状況や参加者が出席できるかどうかなどがある．このようなスケジューリング制約をカレンダーの予定表示の横にグラデーションで表示したり，予定の枠内にグラフを表示したりすることで，スケジューリングの際に制約を考慮しやすくなるとしている．

2.2.3　ガントチャートでの不確実性の可視化

Aigner らは PlanningLines[15] という，ガントチャート上で不確実性を可視化するための手法を提案している．ガントチャートによるタスクの依存関係の可視化に加えて，ひとつのタスクを複数の色で塗り分けることと，枠線を用いて不確実性を可視化する．この手法によって，タスクにもっとも早く着手できる時刻，遅くとも着手しなければならない時刻といった情報や，タスクの最長所要時間，最短所要時間といった情報を可視化できる．このように不確実性を可視化することで，この研究では困難な計画やタスクのコントロールをするプロジェクトマネージャの支援をする．

2.3　本研究でのアプローチ

これらの研究を踏まえて，本研究ではカレンダー上で複数タスクの予測的可視化を行う．カレンダー上での予測的可視化の表示には，色の不透明度を変化させたグラデーションを用いる．これはカレンダー上で，予定と予定を予測的可視化の表示に応じて重ねてスケジューリングを行うことができるようにするためである．

第3章　アプリケーション

本章では，本研究で開発したアプリケーションについて述べる．まず，アプリケーションの構成について，予測的可視化のための計算およびカレンダー表示ついて述べる．最後に，アプリケーションの評価実験のための機能と制約について述べる．

3.1　アプリケーションの構成

本節では，開発したアプリケーションの構成について述べる．開発言語には TypeScript[1] を用いた．Web アプリケーションフレームワークには Nuxt.js[2] を用いた．UI フレームワークには Vuetify[3] を用いた．統計処理には先行研究で用いられていた jStat[4] を用いた．

3.2　予測的可視化のための計算

本節では，開発したアプリケーションにおける，カレンダー表示に用いる予測的可視化のための計算について述べる．先行研究のソースコード[5] を参考に，予測的可視化のための計算を実装した．計算には，サブタスクの所要時間を入力するフォーム 図 3.1 と，サプライズイベントの発生確率とその影響時間を入力するフォーム 図 3.2 に入力されたデータを用いる．

[1] https://www.typescriptlang.org
[2] https://nuxtjs.org
[3] https://vuetifyjs.com
[4] https://github.com/jstat/jstat
[5] https://github.com/timeestimator/timeestimator.github.io



図 3.1: サブタスクの所要時間を入力するフォーム

サブタスクの所要時間を入力するフォーム 図 3.1 には，サブタスクの最短時間，最長時間の入力欄と時間の単位を選択するドロップダウンメニューがある．ドロップダウンメニューでは，時間の単位として「分」,「時間」,「日」の 3 つから 1 つを選択できる．



図 3.2: サプライズイベントの発生確率と影響時間を入力するフォーム

サプライズイベントの発生確率と影響時間を入力するフォーム 図 3.2 には，サプライズイベントの発生確率と影響時間の入力欄と，時間の単位およびをサプライズイベントの影響を選択するドロップダウンメニューがある．時間の単位を選択するドロップダウンメニューの選択肢は，サブタスクの所要時間を入力するフォームと同じである．サプライズイベントの影響を選択するドロップダウンメニューでは，影響の種類として所要時間が長くなる「遅くなる」と所要時間が短くなる「早くなる」の 2 つから 1 つを選択できる．

以上の入力内容は先行研究のアプリケーションと同様であるため，計算方法は先行研究のアプリケーションと同様である．ただし，本研究ではカレンダー表示で可視化することを考慮し，先行研究で 2 分の階級幅を度数分布に用いていたのに対し，本研究では 5 分の階級幅を用いた．

3.3 カレンダー表示

本節では，カレンダー表示の機能について述べる．本研究で開発したアプリケーションには大きく 2 種類のカレンダー表示がある．ひとつ目が，一般的なカレンダーアプリケーションでの表示のように，予定の開始時刻から終了時刻を 1 色で塗りつぶした長方形で表示するものである．ふたつ目が，予測的可視化を取り入れたカレンダー表示である．

3.3.1 通常のカレンダー表示

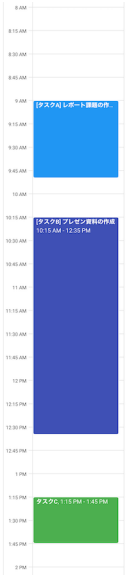


図 3.3: 通常のカレンダー表示

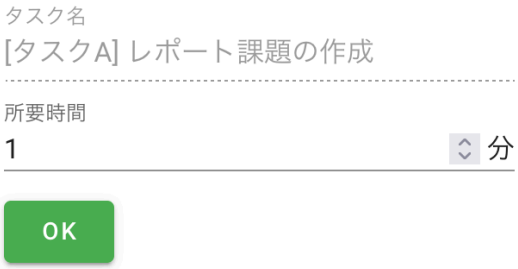


図 3.4: 通常のカレンダー表示の入力フォーム

予測的可視化を取り入れていないカレンダー表示を比較のために実装した（ 図 3.3 ）．このカレンダー表示に予定を追加するにはタスクの名前と所要時間を入力する（ 図 3.4 ）．追加した予定は午前 9 時に表示される．評価実験ではこのカレンダー表示を使用する条件を通常表示条件と呼ぶ．

3.3.2 予測的可視化を取り入れたカレンダー表示

予測的可視化を取り入れたカレンダー表示では，予測的可視化のための計算結果に基づいてカレンダー上に予定を表示する．計算結果に基づいてグラデーションの濃度を変化させることで予測的可視化を実現する．グラデーションの濃度の計算方法の違いによる影響を比較するために，2 種類のカレンダー表示，A・B を実装した．さらに，背景色と枠線による違いを比較するために，それぞれのカレンダー表示に 1・2 のパターンを実装した．これら 4 種類のカレンダー表示を第 4 章で評価し，評価のもっとも高かったカレンダー表示を評価実験で使用する．このカレンダー表示を使用する条件を予測表示条件と呼ぶ．

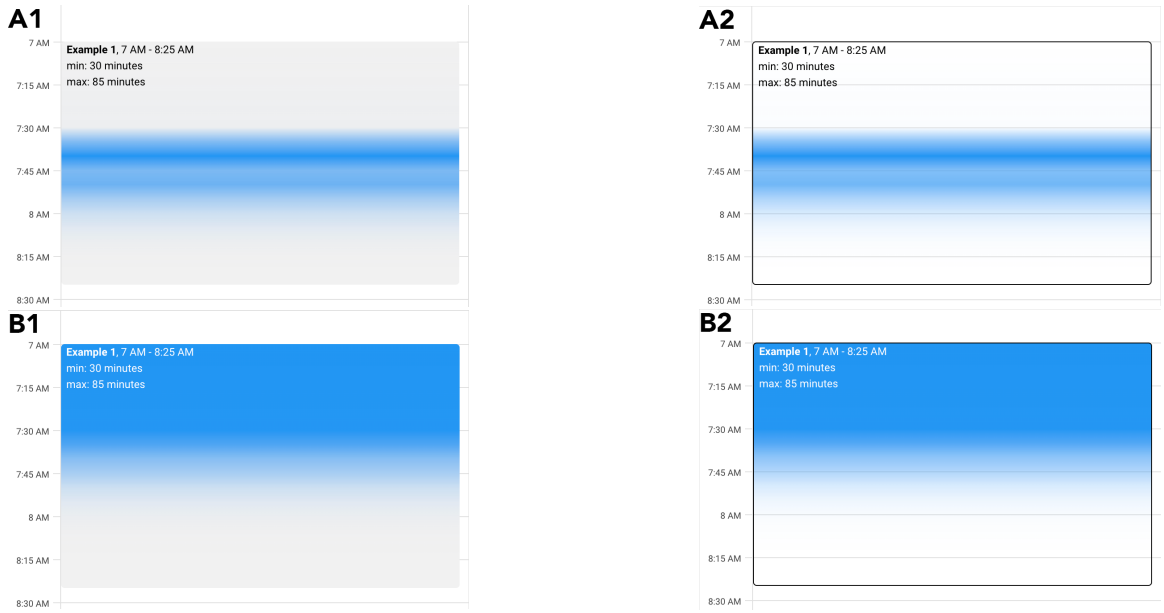


図 3.5: 予測的可視化を取り入れたカレンダー表示

A1-2，B1-2 の予測的可視化を取り入れたカレンダー表示 (図 3.5) を実装した．

A のカレンダー表示では，グラデーションが濃いほどその時刻にタスクの終わる確率が高いことを示す．背景色と枠線の有無で 1 と 2 のバリエーションがある．B のカレンダー表示では，グラデーションが濃いほどその時刻にタスクが継続している確率が高いことを示す．背景色と枠線の有無で 1 と 2 のバリエーションがある．

3.4　評価実験のための機能と制約

本節では，アプリケーションの評価実験のための機能と制約について述べる．

評価実験では時間見積もりをするタスクを事前に用意し，実験参加者は入力フォームの一部を入力することにした．そのため，アプリケーションには以下の機能を実装した．サブタスクの入力フォームでは実験参加者は最短時間と最長時間のみを入力することにし，時間の単位は「分」から変更できないようにした．また，サブタスク名の変更はできないようにした．評価実験ではサプライズイベントを事前に設定し，実験参加者は発生確率と影響時間のみを入力することにし，時間の単位は「分」に固定し，影響はそれぞれのサプライズイベントごとに「遅くなる」か「早くなる」に固定した．また，サプライズイベント名の変更はできないようにした．

所要時間見積もりで入力した値と，カレンダー表示での操作で変更したタスクの開始時刻の値を分析のために出力できるようにした．また，評価実験での評価項目とするため，実験タスクでの各操作が行われた時刻を記録し，JSON 形式で出力するようにした．

第4章　予測的可視化を取り入れたカレンダー表示の評価

本章では，評価実験を実施する前に，開発したアプリケーションの機能のうち，予測的可視化を取り入れたカレンダー表示の評価をするために実施したアンケートについて述べる．このアンケートはGoogleフォームを使用して実施し，試作した4種類の予測的可視化を取り入れたカレンダー表示のうち，どのカレンダー表示が予測的可視化に適し，使いやすいかを評価することを目的としている．このアンケートの結果をもとに，評価実験で使用する予測的可視化を取り入れたカレンダー表示を決定した．予備調査としてのアンケートのため，回答は研究室内の22歳から24歳の学生（男性6名，女性1名）に依頼し，7名の学生から回答を得た．

このアンケートに用いたGoogleフォームのスクリーンショットを付録に掲載する（付録A）．

4.1　アンケート内容

このアンケートではまず，以下の説明文と画像を提示した．

> カレンダー表示形式について
> 以下のA1からB2までのカレンダー表示はあるタスクの所要時間予測を示しています。このタスクを10000回行った場合の開始時刻からの所要時間は以下の度数分布表のようになります。この度数分布表のうち、**累積相対度数**はその階級でタスクが終わる確率、**1 - 累積相対度数**はその階級でタスクが継続している確率とみなすことができます。

説明文中の度数分布表は 図4.1を示した．

階級 （所要時間）	度数	相対度数	累積相対度数	1 - 累積相対度数
30 - 34分	63	0.0063	0.0063	0.9937
35 - 39分	1624	0.1624	0.1687	0.8313
40 - 44分	2755	0.2755	0.4442	0.5558
45 - 49分	1687	0.1687	0.6129	0.3871
50 - 54分	1897	0.1897	0.8026	0.1974
55 - 59分	1092	0.1092	0.9118	0.0882
60 - 64分	543	0.0543	0.9661	0.0339
65 - 69分	236	0.0236	0.9897	0.0103
70 - 74分	78	0.0078	0.9975	0.0025
75 - 79分	20	0.002	0.9995	0.0005
80 - 84分	4	0.0004	0.9999	1E-04
85分 -	1	0.0001	1	0
合計	10000	1		

図 4.1: アンケートで示した度数分布表

その後，試作した予測的可視化を取り入れたカレンダー表示「A1，A2」と「B1，B2」ついて，それぞれの画像を以下の説明とともに示した．なお，画像は 図 3.5 と同じものを使用した．

A1,A2
このカレンダー表示では、青色が濃いほどその時刻にタスクが終わる確率が高いことを示しています。A1 の画像
A2 の画像

B1,B2
このカレンダー表示では、青色が濃いほどその時刻にタスクが継続している確率が高いことを示しています。
B1 の画像
B2 の画像

その後，以下の 5 項目の質問をした． 全ての質問項目を回答必須とした．

- Q1. 度数分布表の情報（所要時間予測）を考慮して実際にスケジューリングをするとき、A1-B2 のどのカレンダー表示を最も使いたいですか？
- Q2. A1 について「このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？」
- Q3. A2 について「このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？」
- Q4. B1 について「このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？」

- Q5. B2 について「このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？」

これらの質問項目は，実際に使いたいカレンダー表示を選択する Q1 と，提示した度数分布表の情報を適切に示しているかを評価する Q2 から Q5 の 2 つのグループに分けられる．Q1 は「A1」,「A2」,「B1」,「B2」の選択肢からもっとも使いたいカレンダー表示をひとつを選択する質問である．Q2 から Q4 は,「適切に示していない」を 1,「適切に示している」を 5 とする 5 段階評価の質問である．

4.2 アンケート結果

アンケートの結果を 図 4.2 ， 図 4.3 ， 図 4.4 ， 図 4.5 ， 図 4.6 に示す．

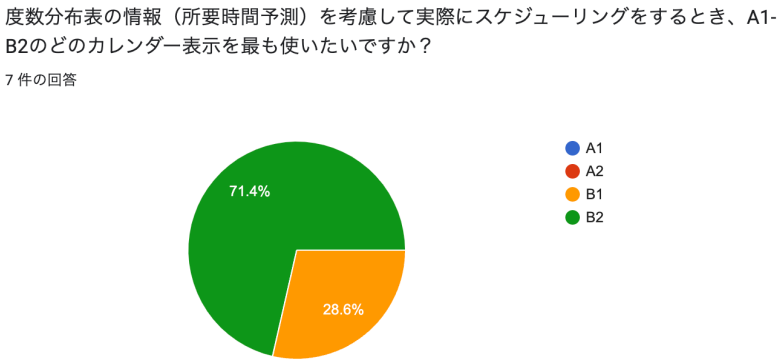


図 4.2: Q1「度数分布表の情報（所要時間予測）を考慮して実際にスケジューリングをするとき、A1-B2 のどのカレンダー表示を最も使いたいですか？」の回答結果

4.3 考察

質問項目	平均値	標準偏差
Q2	3	1.414213562
Q3	3.142857143	1.463850109
Q4	3.714285714	0.755928946
Q5	4	1.154700538

表 4.1: Q2 から Q5 の回答の平均値と標準偏差

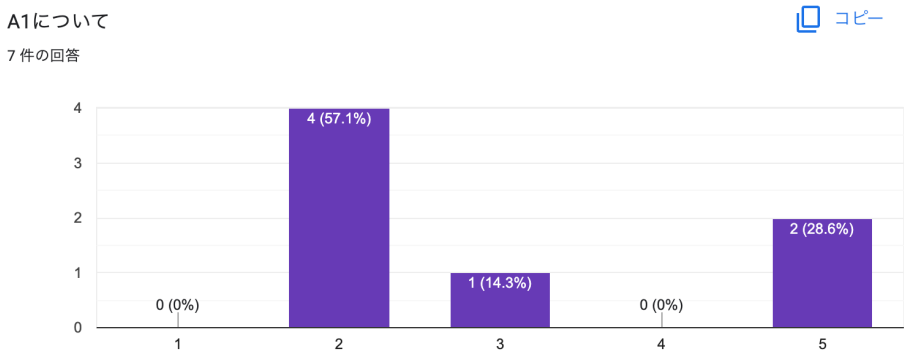


図 4.3: Q2「A1 について『このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？』」の回答結果

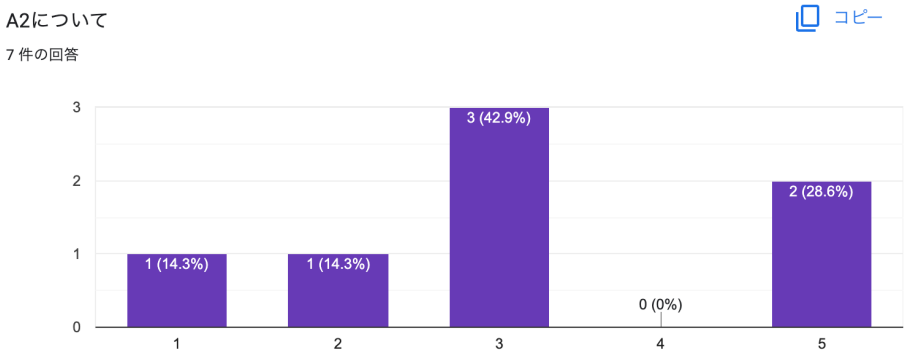


図 4.4: Q3「A2 について『このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？』」の回答結果

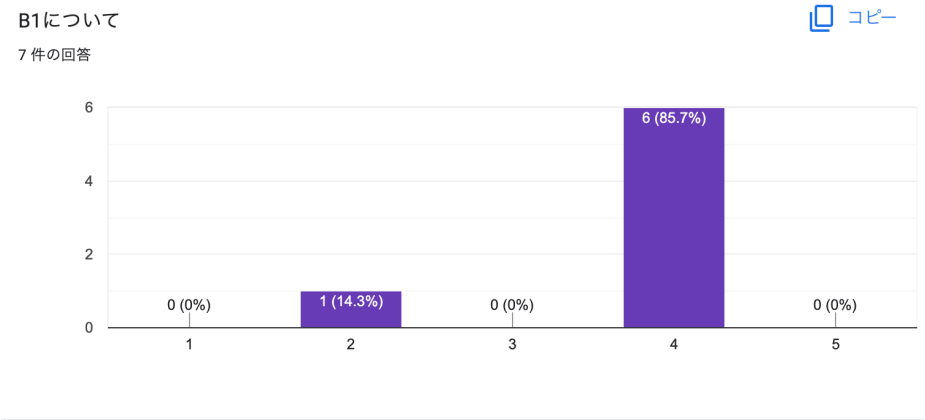


図 4.5: Q4「B1 について『このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？』」の回答結果

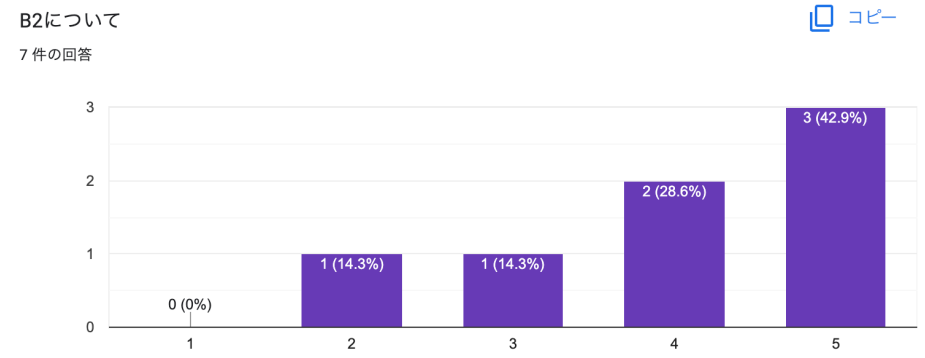


図 4.6: Q5「B2 について『このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか？』」の回答結果

Q1 の質問項目 図 4.2 では「A1」,「A2」,「B1」,「B2」の 4 つの選択肢の中から 7 人のうち 5 人が B2 を選択した．これは Q2 から Q5 の回答の集計結果 表 4.1 のうち，Q5 の平均値がもっとも高いことから B2 のカレンダー表示が最も適切に度数分布表の情報を示していると感じられたためと考えられる．

B1 と B2 のカレンダー表示の違いは，グラデーションに背景色を使用しているか，背景色を透明にして枠線のみを使用しているかであった．この点については Q2 および Q3 の回答でも，背景色を透明にして枠線のみの A2 のカレンダー表示が A1 のカレンダー表示よりも度数分布表の情報を適切に示していると回答されていた．

予測的可視化のカレンダー表示では，その時刻にタスクを継続している確率を示すほうが，度数分布表の情報を適切に表すことができ，背景色は透明にして枠線のみを使用するほうが好まれることがわかった．

第5章　評価実験

本研究で開発したアプリケーションの有効性を評価するために，評価実験を実施した．評価実験では，本研究で開発したアプリケーションでのスケジューリングタスクの実施とアンケートへの回答を依頼した．予測表示条件ではアンケートでもっとも評価が高かった B2 の表示を使用した．評価実験の参加者は研究室内の 21 歳から 24 歳の学生 16 名（男性 16 名）である．ただし，第 4 章のアンケートに回答した学生は参加していない．

5.1　実験環境

評価実験は全ての実験参加者で著者の所有する MacBook Pro（16 インチ，2019 年モデル）を用いて実施した．

5.2　実験手順

評価実験は最初に口頭で評価実験の内容を説明した．その後，実験参加者にアプリケーションの表示に従って実験タスクを進めるように指示した．実験タスクが終了した後，アンケート（付録 B）への回答を依頼した．

実験タスクの説明はアプリケーション上に表示した．図 5.1 は実験タスクの開始画面である．



図 5.1: 実験タスクの開始画面

実験タスクの開始画面で「次へ」ボタンを押すと，実験タスクが開始される（ 図 5.2 ）．最初にあらかじめ用意したタスク A とタスク B について，計画錯誤の軽減手法であるタスク分解とサプライズリストによる時間見積もりを入力するように指示した（ 図 5.3 ， 図 5.4 ）．

タスク A は「レポート課題の作成」とし，以下のように説明した．

> このレポート課題は、心理学の授業のレポート課題です。テーマは「心理学の研究手法」です。文字数は A4 紙の 1 ページ分です。

> サブタスクは以下の 4 つをあらかじめ入力した．
>
> - テーマについての調査
> - レポートの作成
> - レポートの推敲
> - レポートの提出
>
> サプライズリストには以下の 3 つをあらかじめ入力した．かっこ内はサプライズイベントの影響を表す．

- パソコンが故障する（遅くなる）
- レポートのテーマについて知っていた（早くなる）
- ネットワークの障害が起きる（遅くなる）

タスク B は「プレゼン資料の作成」とし，以下のように説明した．

このプレゼン資料は、英語の授業のためのプレゼン資料です。テーマは「日本の文化」です。発表時間は 10 分です。

サブタスクは以下の 5 つをあらかじめ入力した．

- テーマについての調査
- 資料の作成
- 資料の推敲
- 資料の提出
- プレゼンの練習

サプライズリストには以下の 4 つをあらかじめ入力した．かっこ内はサプライズイベントの影響を表す．

- パソコンが故障する（遅くなる）
- 発表時間を勘違いしていたので資料の大幅な修正が必要になる（遅くなる）
- ネットワークの障害が起きる（遅くなる）
- 資料の作成に必要な情報がすぐに手に入る（早くなる）



図 5.2: 通常表示条件でのスケジューリングの画面



図 5.3: タスク分解を用いた時間見積もりの入力フォーム

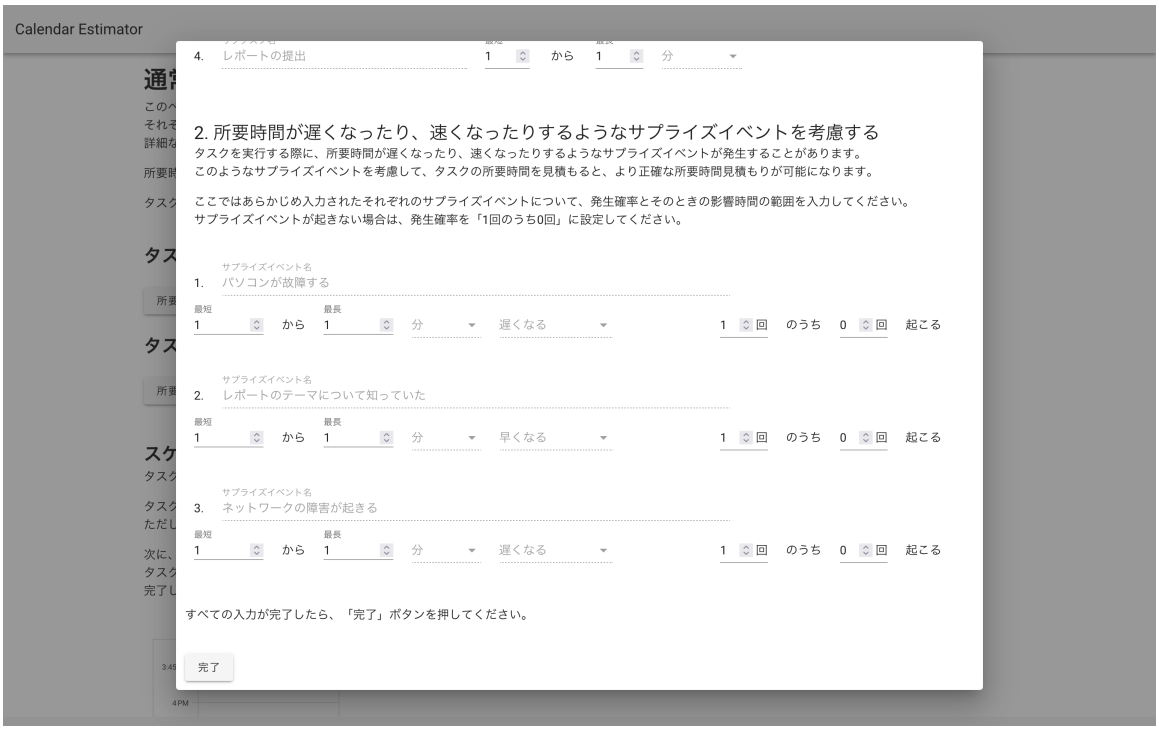


図 5.4: サプライズリストによる時間見積もりの入力フォーム

その後，タスク分解とサプライズリストでの時間見積もりを参考にして，タスク A とタスク B の所要時間見積もりを分単位で入力するように指示した． 図 5.5 は，タスク A の所要時間見積もりの入力フォームである．タスク B も同様に入力するように指示した．



図 5.5: タスク A の所要時間見積もりの入力フォーム

入力された所要時間見積もりに基づいて，通常表示条件のカレンダー表示のカレンダーの午前 9 時にタスク A とタスク B を表示した（ 図 5.6 ）．タスク A の開始時刻は午前 9 時に固定し，変更できないようにした．

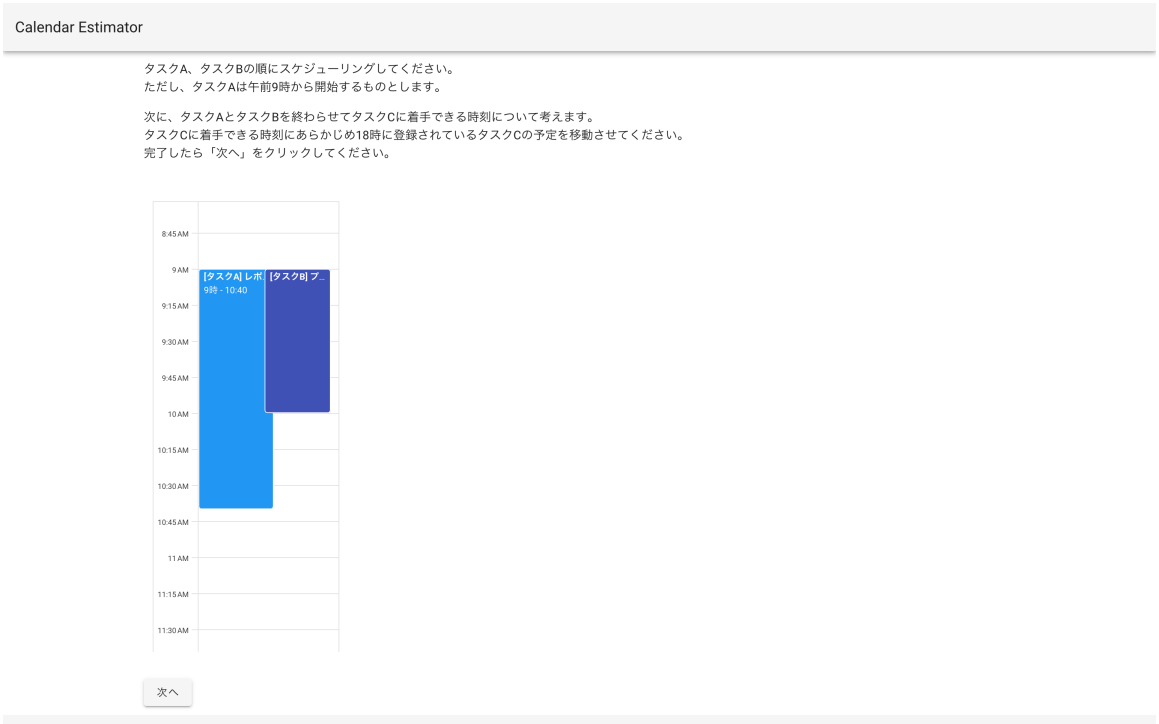


図 5.6: 通常表示条件でのカレンダー表示

実験参加者にカレンダー上でタスク B のスケジューリングを行い，タスク B を終えて，タスク C に着手できる時刻にあらかじめ午後 6 時に表示したタスク C の開始時刻を変更するよう指示した（ 図 5.7 ）.



図 5.7: タスク C のカレンダー上でのスケジューリングの画面

その後，実験参加者に予測表示条件でのスケジューリングを行うように指示した（ 図 5.8 ）．予測表示条件では通常表示条件でのタスク A とタスク B の時間見積もりの入力から予測的可視化のための計算を行い，タスクをカレンダーに表示している．タスク A とタスク B の開始時刻は午前 9 時に設定し，タスク A の開始時刻は変更できないようにした．

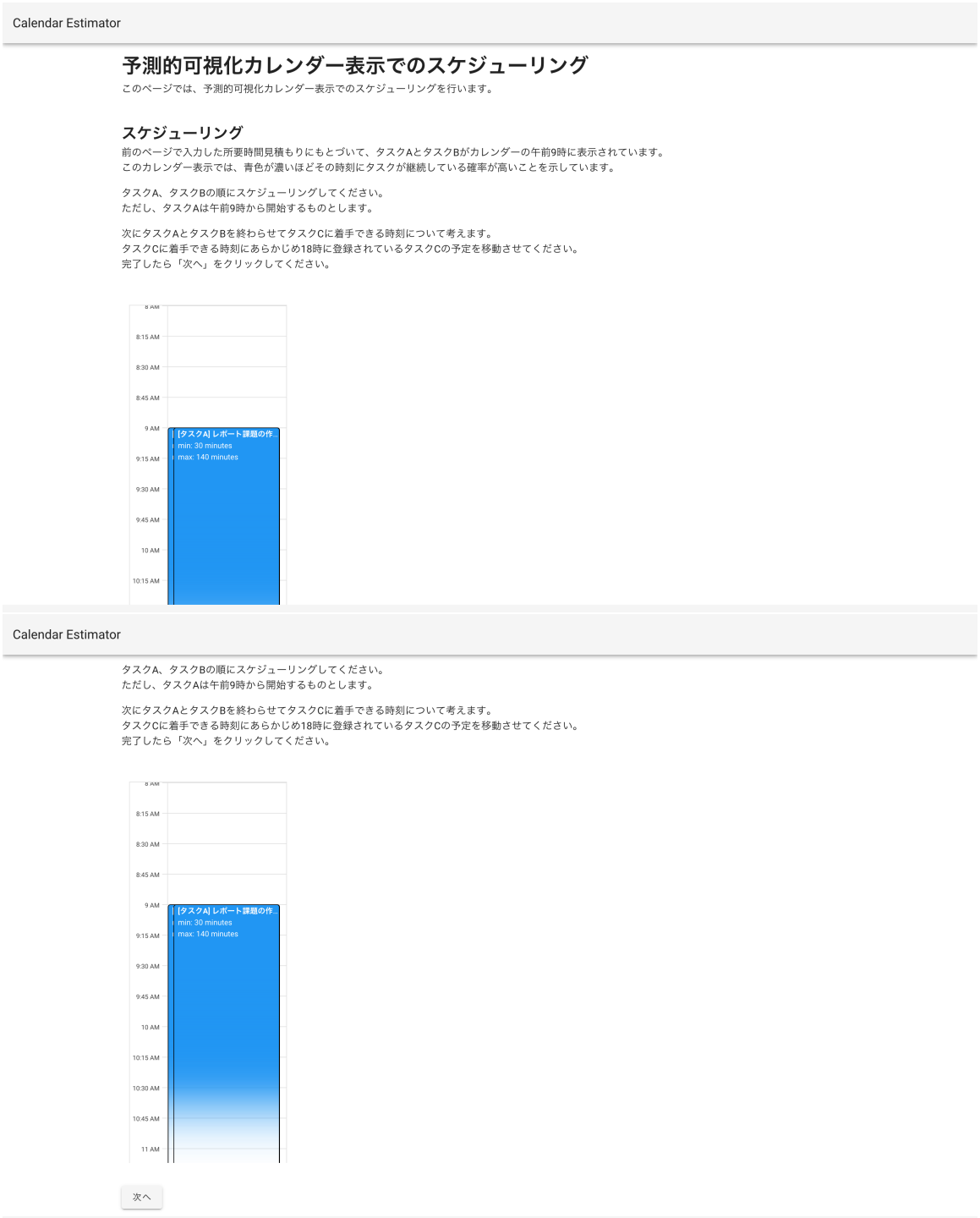


図 5.8: 予測表示条件でのスケジューリングの画面

実験参加者には通常条件と同様にタスク B のスケジューリングを行い，タスク B を終えて，

タスク C に着手できる時刻へあらかじめ午後 6 時に表示したタスク C の開始時刻を変更するよう指示した（ 図 5.9 ）．タスク C は通常表示条件と同じカレンダー表示である．



図 5.9: 予測表示条件でのタスク C の表示

予測表示条件では，実験参加者が 図 5.2 のようにタスクとタスクを重ねたスケジューリングをすることを想定している．

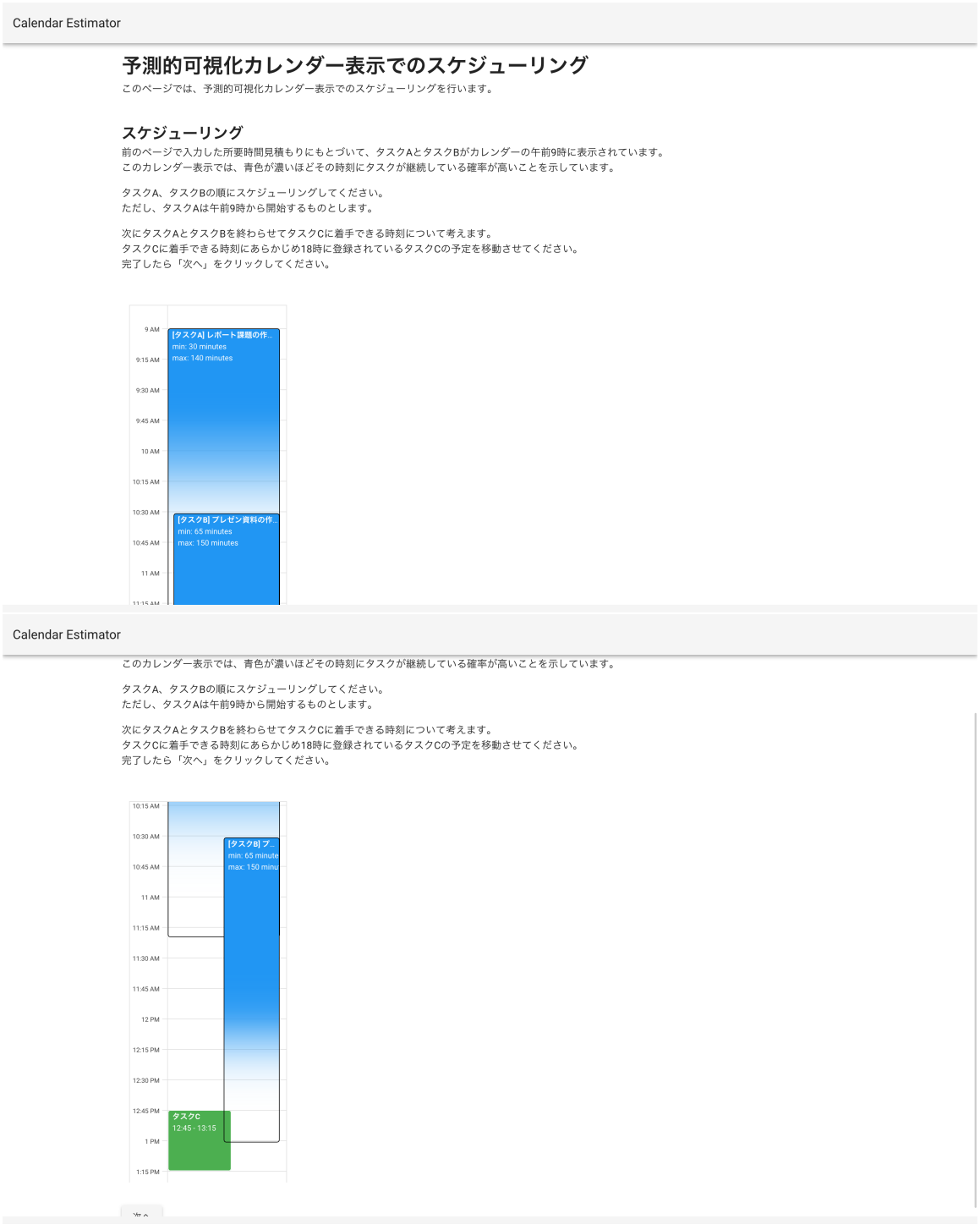


図 5.10: 予測表示条件での想定するスケジューリングの画面

実験参加者がスケジューリングを完了し,「次へ」をクリックすると，図 5.11 の画面が表示される．その後，実験参加者にはアンケートへの回答をするように指示した．



図 5.11: 実験タスクの終了画面

5.3 アンケート

アンケートでは以下の 6 項目の質問をした．Q1 から Q4 は回答必須とし，Q5 と Q6 は回答任意とした．

通常表示条件についての質問

Q1. 所要時間見積もりについて「サブタスクとサプライズイベントにもとづいて所要時間を見積もることの難しさについて評価してください。」

Q2. スケジューリングについて「通常のカレンダー表示でのタスク B とタスク C のスケジューリング（開始時刻の決定）の難しさについて評価してください。」

予測表示条件についての質問

Q3. 予測的可視化について「このカレンダー表示がスケジューリング（開始時刻の決定）に役立ったかどうか評価してください。」

Q4. スケジューリングについて「予測的可視化のカレンダー表示でのタスク B とタスク C のスケジューリング（開始時刻の決定）の難しさについて評価してください。」

評価実験についての質問

Q5. システムの印象について「システムの印象についてコメントがあれば記入してください。」

Q6. 実験全体について「実験全体についての感想があれば記入してください。」

Q1 と Q2 および Q4 の質問は,「容易」を 1,「困難」を 5 とする 5 段階評価の質問である．Q3 の質問は,「全く役立たなかった」を 1,「とても役立った」を 5 とする 5 段階評価の質問である．Q5 と Q6 の質問は自由記述の質問である．

5.4 評価項目

評価実験の評価項目は以下の通りとした．

1. 各条件間におけるタスク B とタスク C の開始時刻
2. 各条件間における各タスクの重なりの有無および重なり時間
3. 各条件間におけるスケジューリングの難易度

評価項目 1 は，予測的可視化のカレンダー表示によってタスク全体のスケジューリングに変化が起こるかを確認する．予測的可視化のカレンダー表示によってスケジューリングが慎重になり，タスク B とタスク C の開始時刻が遅くなることを期待した．この評価項目は実験参加者の入力データを用いて評価する．

評価項目 2 は，予測的可視化をグラデーションで表現したことによりスケジューリング方法に変化が起こるかを確認する．予測的可視化のカレンダー表示でグラデーションを用いたことで，予定と予定を重ねることを期待した．この評価項目は実験参加者の入力データを用いて評価する．

評価項目 3 は，予測的可視化のカレンダー表示がスケジューリング支援に役立つかを確認する．この評価項目は実験参加者のアンケートの回答を用いて評価する．

5.5 結果

評価実験の結果を以下に示す．評価実験は 16 人に実施した．そのうち，1 人は実験中にアプリケーションの問題が発生したため，最後まで実験を実施できたのは 15 人である．また，15 人の実験参加者の入力データを分析したところ，実験タスクを正しく実施できたのは 9 人であった．正しく実施できなかったケースとしては各条件においてタスクをスケジューリング（開始時刻の変更）をしなかったり，予測表示条件でのタスクの所要時時間が長くなり，タスクが 1 日のカレンダー表示に収まらずスケジューリングが不可能になったケースがあった．そのため，実験結果は 9 人のみを対象として分析した．アンケートについても同様に 9 人のみを対象とした．

5.5.1 条件間でのタスク B とタスク C の開始時刻

実験参加者の各条件でのタスク B とタスク C の開始時刻は表 5.1 の通りであった．また，実験参加者のタスク B とタスク C の各条件での開始時刻の差とその平均値を算出した（表 5.2）．開始時刻の差は予測表示条件から通常表示条件の開始時刻を引いたものである．そのため，開始時刻の差が正の場合は予測表示条件でそのタスクの開始時刻が遅くなったことを示し，負の場合は予測表示条件でのそのタスクの開始時刻が早くなったことを示す．

実験参加者の全員にタスク B の開始時刻の変化が見られた．一方，タスク C については開始時刻が変化していない実験参加者が 3 人いた．タスク B では開始時刻を早める傾向が見られ，タスク B では開始時刻を遅くする傾向が見られた．

	通常表示条件		予測表示条件	
実験参加者番号	タスク B 開始時刻	タスク C 開始時刻	タスク B 開始時刻	タスク C 開始時刻
1	10:00	17:00	09:54	16:00
3	12:21	16:01	11:54	16:05
5	10:30	12:00	10:52	12:15
6	10:15	13:15	10:00	13:30
8	14:59	20:30	14:31	20:30
10	12:01	17:30	11:46	17:30
11	13:30	18:00	14:30	19:00
14	12:01	18:00	12:31	18:45
15	14:00	21:00	13:30	21:00

表 5.1: 実験参加者の各条件でのタスク B とタスク C の開始時刻

実験参加者番号	タスク B の差	タスク C の差
1	-00:06:00	-01:00:00
3	-00:27:00	00:04:00
5	00:22:00	00:15:00
6	-00:15:00	00:15:00
8	-00:28:00	00:00:00
10	-00:15:00	00:00:00
11	01:00:00	01:00:00
14	00:30:00	00:45:00
15	-00:30:00	00:00:00
差の平均値	-00:01:00	00:08:47

表 5.2: タスク B とタスク C の各条件での開始時刻の差とその平均値

5.5.2　各タスクの重なりの有無および重なり時間

実験参加者の入力データから各条件でのカレンダー表示を再現した（ 図 5.12 , 図 5.13 ）. 通常表示条件では 1 人の実験参加者を除いてタスクは重ねてスケジューリングされていない. 予測表示条件では全ての実験参加者がタスクを重ねてスケジューリングした. また，グラデーションが薄くなる時刻に次のタスクの開始時刻を設定している傾向が見られる.

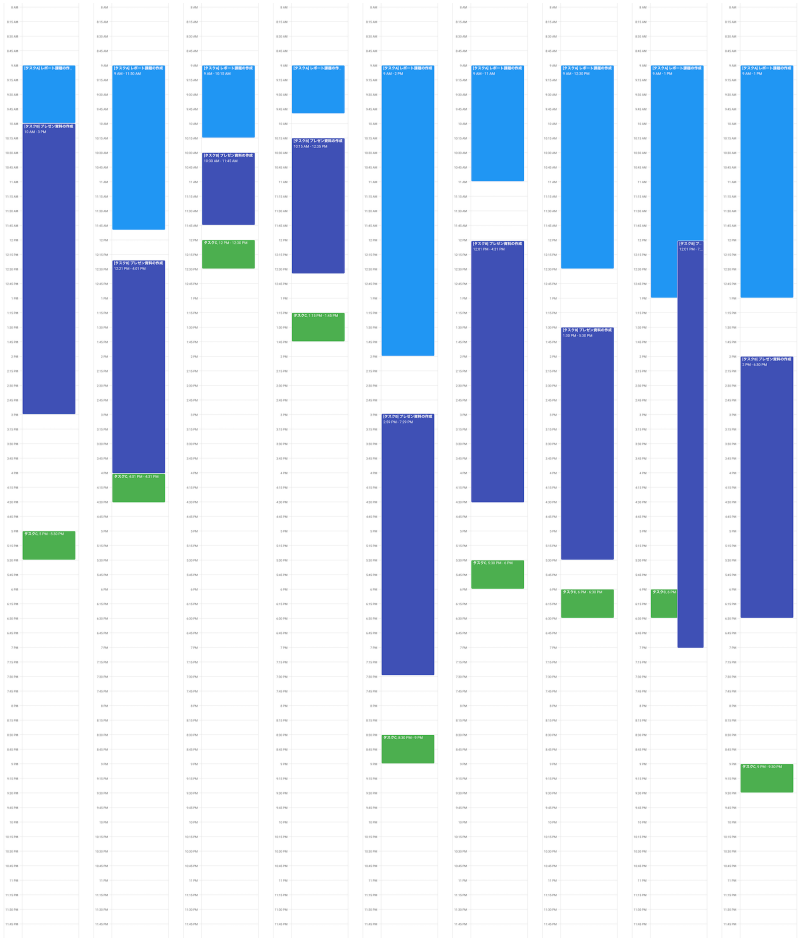


図 5.12: 実験参加者のスケジューリングによる通常条件のカレンダー表示

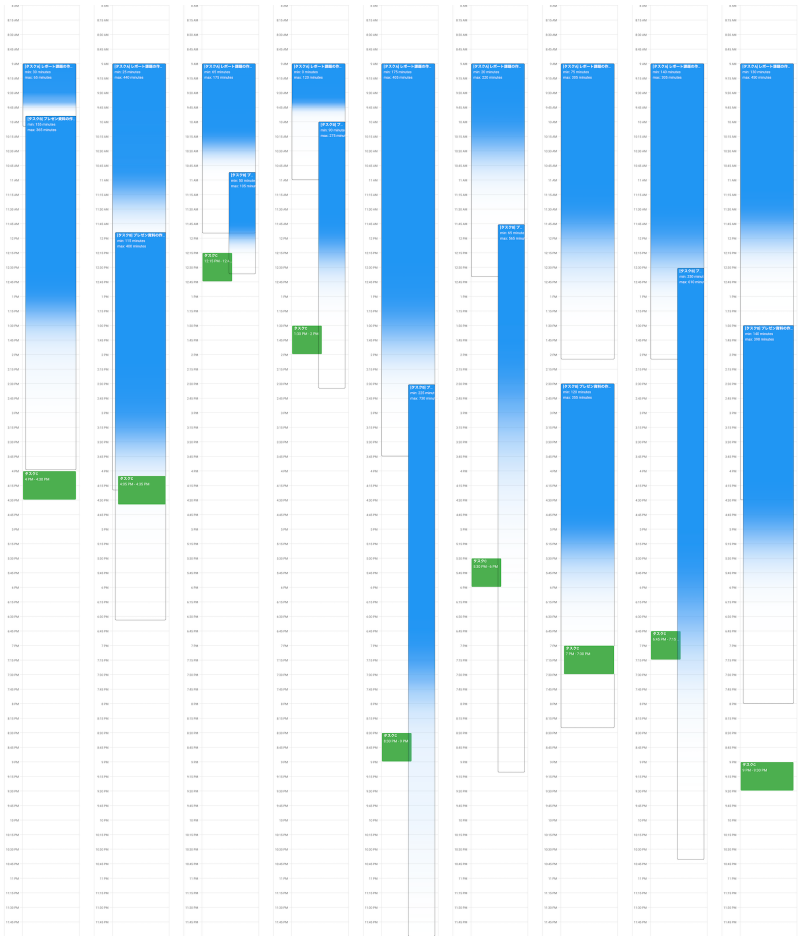


図 5.13: 実験参加者のスケジューリングによる予測表示条件のカレンダー表示

5.5.3　条件間でのスケジューリングの難易度

アンケートの Q2 と Q4 について，実験参加者の回答を 図 5.14 ， 図 5.15 に示す．Q2 では 5 の「困難」に近い 4 と回答した実験参加者が，Q4 では 1 の「容易」に近い 2 と回答した実験参加者が最も多かった．

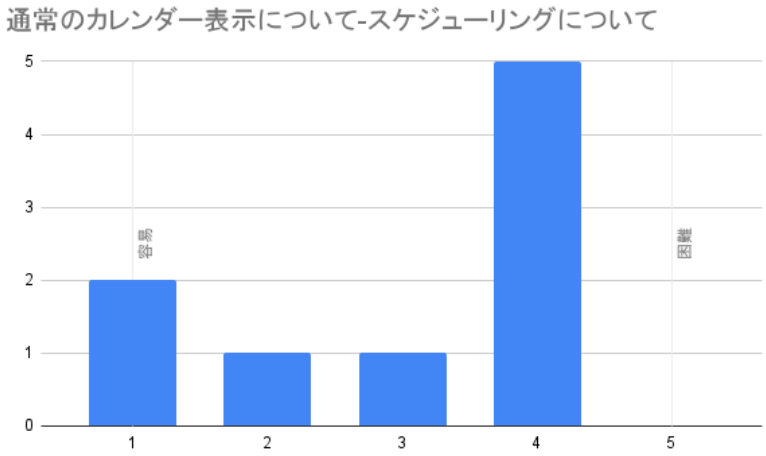


図 5.14: Q2「通常のカレンダー表示について - スケジューリングについて」の回答結果

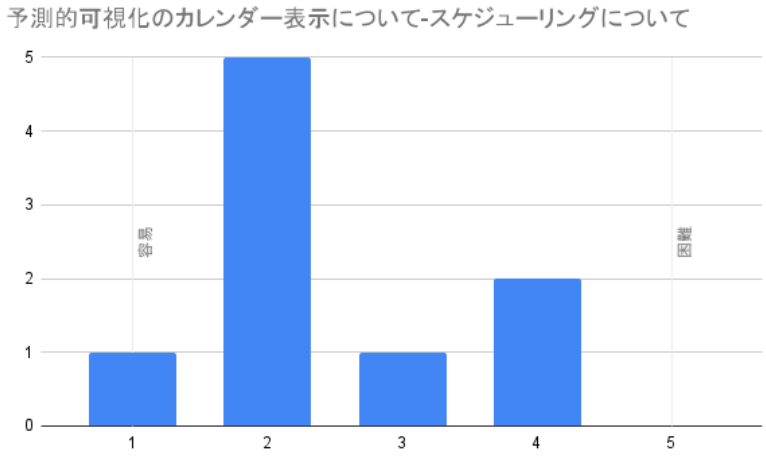


図 5.15: Q4「予測的可視化のカレンダー表示について - スケジューリングについて」の回答結果

これらの回答に対して有意差検定を行った．回答データの正規性の検定には Shapiro-Wilk の検定を用いた．その結果，どちらも正規性は認められなかった．そのため，Wilcoxon の符号付順位検定を用いて，Q2 と Q4 の回答に対して有意差検定を行なった．その結果，有意差は認められなかった．有意差は認められなかったものの，Q3（ 図 5.16 ）では予測的可視化のカレンダー表示が役立ったと回答した人が多かった．

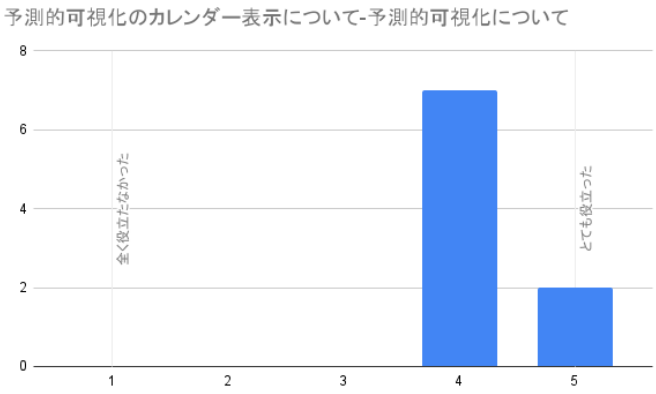


図 5.16: Q3「予測的可視化のカレンダー表示について - 予測的可視化について」の回答結果

第6章　考察

本章では，本研究で得られた結果について考察する．

6.1　条件間でのタスクBとタスクCの開始時刻

各条件でのタスクBとタスクCの開始時刻 表5.2から，タスクBについては予測表示条件では開始時刻を早める傾向があり，タスクCについては通常表示条件では開始時刻を早める傾向があることがわかる．特に，タスクCについては1人の実験参加者を除いて，通常表示条件よりも予測表示条件で開始時刻が遅くなっている．このことから，予測表示条件でより慎重なスケジューリングが行われたと考えられる．

6.2　各タスクの重なりの有無および重なり時間

通常表示条件では1人の実験参加者を除いて，タスクとタスクを重ねてスケジューリングをしていない．予測表示条件では，全ての実験参加者がタスクとタスクを重ねてスケジューリングをしている．このことから，カレンダー表示にグラデーションを取り入れることで，タスクを重ねてスケジューリングをすることが促進されることがわかる．このようにカレンダー上でタスクを重ねてスケジューリングをすることで，リスクを考慮しつつ，その発生確率を意識して合理的なスケジューリングができると考えられる．

6.3　条件間でのスケジューリングの難易度

評価実験のアンケートのうち，スケジューリングの難易度についての質問では条件間に有意差が認められなかった．しかし，評価実験の自由記述の回答では,「個人的にはサプライズイベントを考慮せず，タスク所要時間の最小値と最大値のみを設定して，時間の幅が可視化されるだけでも十分役立つと思った.」,「グラデーションがあることでサブタスクやサプライズイベントを考慮したスケジューリングができたように感じる。」などの本研究での提案手法についての肯定的な回答があった．これらのことから，課題はあるものの，本研究の提案手法は複数タスクのスケジューリング支援に一定の効果があると考えられる．

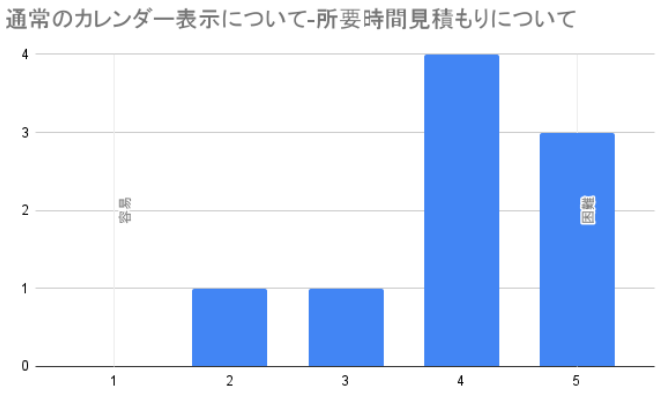


図 6.1: Q1「通常のカレンダー表示について - 所要時間見積もりについて」の回答結果

6.4 所要時間見積もりの困難さ

評価実験アンケートの Q1（図 6.1）で，困難であったと回答した人が多かった．所要時間の入力は分単位であったため，実験参加者によってはサブタスクの所要時間の合計を計算するのが難しかった可能性がある．また，タスク分解とサプライズリストによる所要時間見積もりは，複合確率分布や混合分布の計算をする必要があり，暗算で計算するのが難しかった可能性がある．人によって所要時間見積もりをした結果の時間の差が大きかった．

所要時間見積もりをするタスク A とタスク B の具体的内容（例えば，レポートの文字数）について質問をした実験参加者がいた．あらかじめ用意したタスク A とタスク B が不明瞭であったため，実験参加者が所要時間見積もりをするのに困難を感じた可能性がある．

6.5 カレンダーアプリケーションでのスケジューリング

評価実験の実験参加者のうち，各条件のカレンダー上でタスクを移動させないまま実験を進めた実験参加者がいた．ただし，通常表示条件でタスクを移動させず，予測表示条件ではタスクを移動させた実験参加者もいた．アプリケーション上での説明が不十分であった可能性があるものの，カレンダーアプリケーション上でのスケジュールの管理に慣れていない実験参加者がいた可能性もある．

6.6 自由記述のアンケート質問項目

Q5 の自由記述の質問項目では，サプライズイベントに関して次のような回答があった.「あまり普段時間を見積もってタスクを行わないため、見積もりが難しかった。特に、サプライズイベントの時間を見積もるのが難しかった。」,「サプライズイベントの確率にあまり自信がなかったので、所要時間の予測結果に基づくグラデーション表示を信用していいのか疑問に

思った」,「サブタスクに分割することはよくやるが、サプライズイベントを考えることはあまりしないので、今まで起こったこと（事象、対応にかかった時間、発生確率）からある程度自動でサプライズイベントを提案してくれるといいのかなと思った。」などがあった．このことから，サプライズイベントを考慮した時間見積もりをすることが難しいということがわかった．また，サプライズイベントを事前に用意していたため，発生確率の見積もりを実験参加者が自分自身の経験からするのが難しかった可能性がある．

Q6 の自由記述の質問項目では,「実験システムが使いやすかった.」という回答があったものの,「実験の全体像がいまいち掴みづらく最初にどうすれば良いか少し戸惑った」という回答もあった．このことから，開発したアプリケーションにおける評価実験のための機能が意図通りに機能したものの，実験の進行についての説明が不十分だったということがわかった．

第7章　今後の課題

本章では，本研究に関する今後の課題について述べる．

7.1　評価実験

7.1.1　実験設計の改善

今回の評価実験では，アプリケーション上に実験タスクについての説明を表示し，口頭での説明が少なくなるように設計していた．また，実験内のタスクを実験参加者が進めるように設計していた．それにより，実験の進行がスムーズになったり，実験参加者間での差異を減らしたりできた．しかし，実験参加者に対して実験タスクを十分に説明できていないことが原因で，分析に使用できないケースが複数回発生した．また，操作のログデータを確認すると実験参加者が意図しない順序でタスクを進めていることがあった．

今後は実験タスクについての口頭とアプリケーション上での説明を改善し，実験参加者が正しく実験タスクをできるようにする．また，評価実験で想定していない操作が行われないようにアプリケーションで制限をする．

7.1.2　実験参加者の追加

今回の評価実験では，上記の問題の影響もあり，分析に使用できるデータが少なかった．今後は実験参加者を追加することで，分析に使用できるデータを増やす．

7.1.3　実験タスクの追加

今回の評価実験では，計画錯誤の軽減手法のみで実験参加者は所要時間見積をした．予測的可視化のカレンダー表示が所要時間見積にどのような影響を与えるかを調べるために，予測的可視化のカレンダー表示を提示した後に所要時間見積を行う実験条件を追加する．

7.2 アプリケーションの改善

7.2.1 複数日かかるタスクへの拡張

今回の評価実験では 1 日以内に完了するタスクを想定し，1 日分のカレンダーを表示するように設計していた．しかし，評価実験の実験参加者の中にはタスクの所要時間が 1 日を超えると見積もる実験参加者も見られた．今後は 1 日を超えるタスクも表示できるようにする．

7.2.2 予測的可視化のカレンダー表示の改善

本研究で開発したアプリケーションでの予測的可視化のカレンダー表示は，予定の所要時間をタスク分解とサプライズリストから計算した最長の所要時間としている．このため，サプライズリストで影響時間の長いイベントがあると，そのイベントの影響で最長の所要時間が長くなり，予定が過大に表示されることがある．今後は適切なカレンダー表示ができるように，予定の所要時間を計算する方法を改善する．

7.2.3 実生活での評価

本研究で開発したアプリケーションの評価実験は実験室実験で行った．今回の評価実験では，実験参加者が実際に行うタスクではなく，あらかじめ用意したタスクを使用した．実際に日常生活でのタスクを見積もるときに，本研究で開発したアプリケーションがどのような影響を与えるかを調べる必要がある．

第8章　結論

本研究では，計画錯誤の軽減手法として提案された予測的可視化を複数タスクのスケジューリング支援に用いるために，カレンダー表示に適した予測的可視化の表示方法の調査と実装を行い，カレンダー表示に予測的可視化を取りれたアプリケーションを開発した．

開発したアプリケーションを用いた評価実験により，以下の結果が得られた．

- 提案手法を用いた場合，慎重なスケジューリングが行われる傾向が見られた．
- 提案手法を用いた場合，複数の予定を重ねたスケジューリングが行われる傾向が見られた
- 提案手法を用いた場合，スケジューリングの難易度は有意に変化しなかった．

これらの結果により，本研究で想定したスケジューリングの支援の効果は見られなかったものの，計画錯誤の軽減には本研究での提案手法が有効である可能性が示された．

謝辞

本研究を進めるにあたり，川口一画先生，志築文太郎先生，高橋伸先生には多大なるご意見とご助言を頂きました．心から感謝いたします．特に，川口一画先生には，卒業研究の進め方や論文執筆において多くのご助言を頂きました．志築文太郎先生にはクラス担任としてもお世話になりました．また，インタラクティブプログラミング研究室の同輩，先輩方には，研究活動において大変お世話になりました．COMMUNICATION チームの皆様には，チームゼミにおいて，本研究に関する多くの貴重なご意見を頂きました．評価実験への参加をしてくださった実験参加者の皆様には，本当にありがとうございました．

最後に，6 年間に及んだの大学生活においてお世話になった皆様，そして私の長い学生生活を支えてくれた家族に深く感謝いたします．

参考文献

[1] Roger Buehler, Dale Griffin, and Michael Ross. Exploring the “Planning Fallacy”: Why People Underestimate Their Task Completion Times. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 67, No. 3, pp. 366–381, 1994.

[2] Morgane Koval and Yvonne Jansen. Do You See What You Mean? Using Predictive Visualizations to Reduce Optimism in Duration Estimates. *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–19, 2022.

[3] Darryl K. Forsyth and Christopher D. B. Burt. Allocating time to future tasks: The effect of task segmentation on planning fallacy bias. *Memory & Cognition*, Vol. 36, No. 4, pp. 791–798, 2008.

[4] Stephanie J. Byram. Cognitive and Motivational Factors Influencing Time Prediction. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 3, No. 3, pp. 216–239, 1997.

[5] Kevin E. Thomas, Simon J. Handley, and Stephen E. Newstead. The role of prior task experience in temporal misestimation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 60, No. 2, p. 230–240, 2006.

[6] Michael M. Roy, Nicholas J. S. Christenfeld, and Meghan Jones. Actors, observers, and the estimation of task duration. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 66, No. 1, p. 121–137, 2013.

[7] Roger Buehler, Dale Griffin, and Heather MacDonald. The role of motivated reasoning in optimistic time predictions. *Personality and Social Psychology Bulletin*, Vol. 23, No. 3, p. 238–247, 1997.

[8] Justin Kruger and Matt Evans. If you don ’ t want to be late, enumerate: Unpacking reduces the planning fallacy. *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol. 40, No. 5, p. 586–598, 2004.

[9] Ian R. Newby-Clark, Michael Ross, Roger Buehler, Derek J. Koehler, and Dale Griffin. People focus on optimistic scenarios and disregard pessimistic scenarios while predicting task completion times. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 6, No. 3, p. 171–182, 2000.

[10] Google calendar. https://calendar.google.com.

[11] Microsoft outlook calendar. https://outlook.live.com/calendar.

[12] Sofia Semikina. Stress data visualization. Master's thesis, Eindhoven University of Technology, 2014.

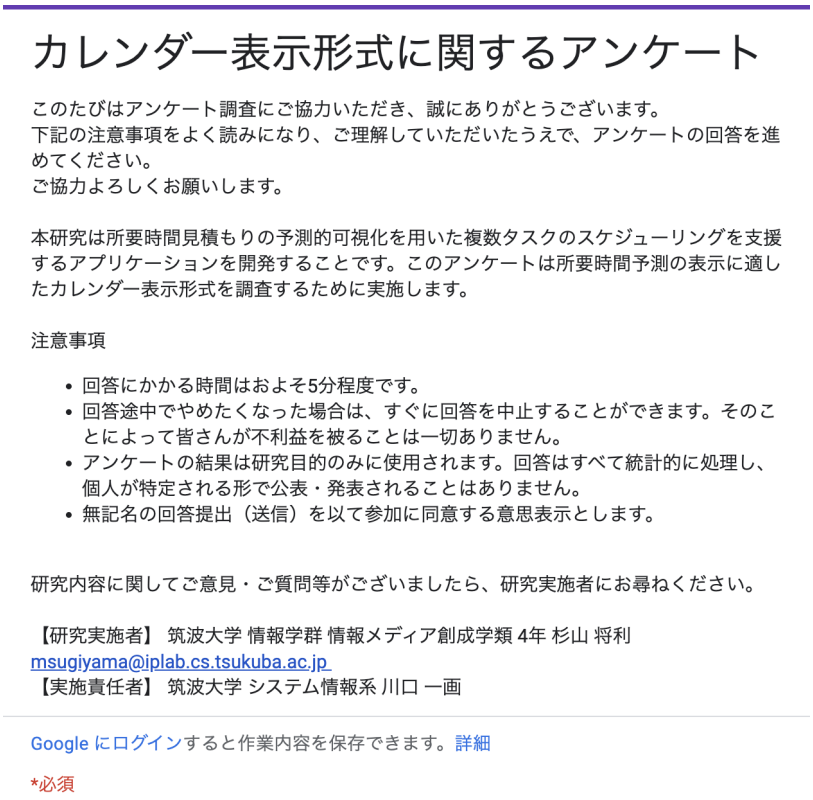
[13] David Beard, Murugappan Palaniappan, Alan Humm, David Banks, Anil Nair, and Yen-Ping Shan. A visual calendar for scheduling group meetings. Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work - CSCW ' 90, p. 279–290, 1990.

[14] Andrew Faulring and Brad A. Myers. Availability bars for calendar scheduling. In *CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '06, p. 760–765, New York, NY, USA, 2006. Association for Computing Machinery.

[15] Wolfgang Aigner, Silvia Miksch, Bettina Thurnher, and Stefan Biffl. Planninglines: novel glyphs for representing temporal uncertainties and their evaluation. *Ninth International Conference on Information Visualisation (IV'05)*, pp. 457–463, 2005.

付 録A　予測的可視化を取り入れたカレンダー表示の評価アンケート

第 4 章の評価アンケートで使用した Google フォームのスクリーンショットを示す.



カレンダー表示形式に関するアンケート

このたびはアンケート調査にご協力いただき、誠にありがとうございます。
下記の注意事項をよく読みになり、ご理解していただいたうえで、アンケートの回答を進めてください。
ご協力よろしくお願いします。

本研究は所要時間見積もりの予測的可視化を用いた複数タスクのスケジューリングを支援するアプリケーションを開発することです。このアンケートは所要時間予測の表示に適したカレンダー表示形式を調査するために実施します。

注意事項

- 回答にかかる時間はおよそ5分程度です。
- 回答途中でやめたくなった場合は、すぐに回答を中止することができます。そのことによって皆さんが不利益を被ることは一切ありません。
- アンケートの結果は研究目的のみに使用されます。回答はすべて統計的に処理し、個人が特定される形で公表・発表されることはありません。
- 無記名の回答提出（送信）を以て参加に同意する意思表示とします。

研究内容に関してご意見・ご質問等がございましたら、研究実施者にお尋ねください。

【研究実施者】 筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類 4年 杉山 将利
msugiyama@iplab.cs.tsukuba.ac.jp
【実施責任者】 筑波大学 システム情報系 川口 一画

Google にログインすると作業内容を保存できます。詳細

*必須

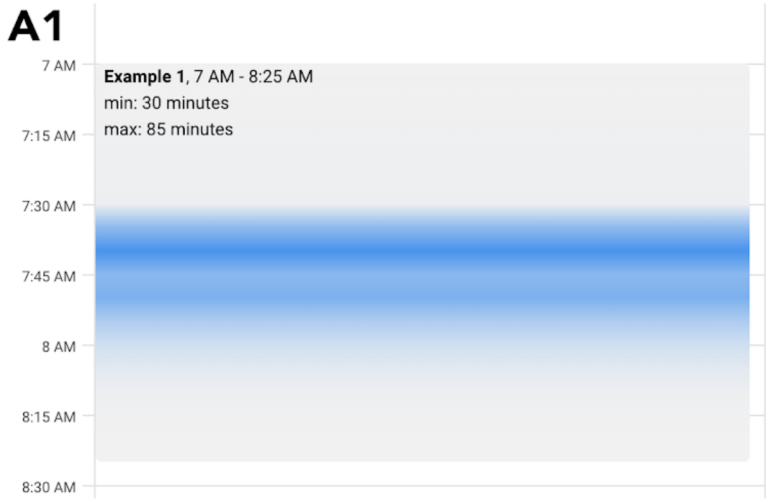
カレンダー表示形式について
以下のA1からB2までのカレンダー表示はあるタスクの所要時間予測を示しています。
このタスクを10000回行った場合の開始時刻からの所要時間は以下の度数分布表のようになります。
この度数分布表のうち、**累積相対度数**はその階級でタスクが終わる確率、**1 - 累積相対度数**はその階級でタスクが継続している確率とみなすことができます。

度数分布表

階級 （所要時間）	度数	相対度数	累積相対度数	1 - 累積相対度数
30 - 34分	63	0.0063	0.0063	0.9937
35 - 39分	1624	0.1624	0.1687	0.8313
40 - 44分	2755	0.2755	0.4442	0.5558
45 - 49分	1687	0.1687	0.6129	0.3871
50 - 54分	1897	0.1897	0.8026	0.1974
55 - 59分	1092	0.1092	0.9118	0.0882
60 - 64分	543	0.0543	0.9661	0.0339
65 - 69分	236	0.0236	0.9897	0.0103
70 - 74分	78	0.0078	0.9975	0.0025
75 - 79分	20	0.002	0.9995	0.0005
80 - 84分	4	0.0004	0.9999	1E-04
85分 -	1	0.0001	1	0
合計	10000	1		

A1,A2
このカレンダー表示では、青色が濃いほどその時刻にタスクが終わる確率が高いことを示しています。

A1

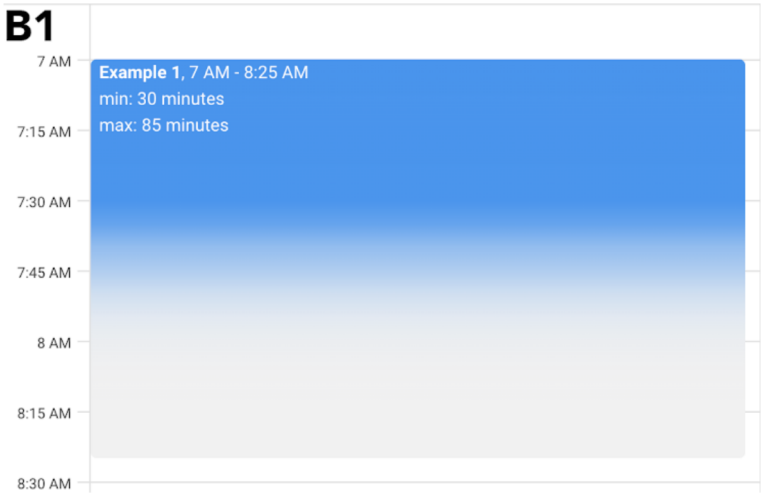


A2

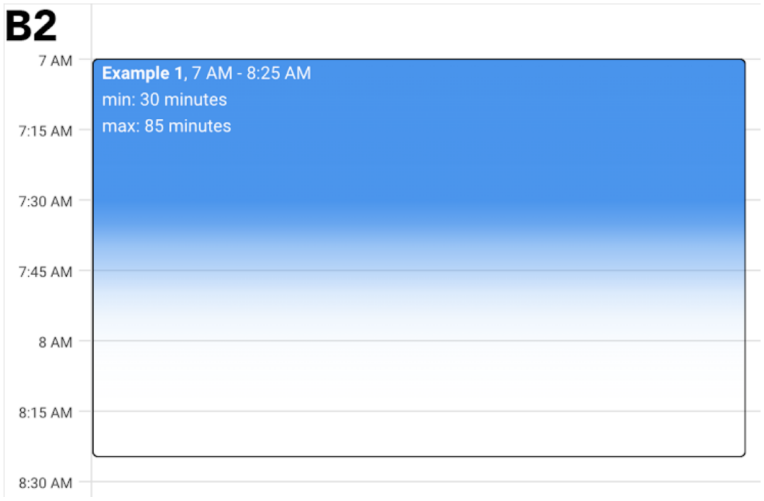


B1,B2
このカレンダー表示では、青色が濃いほどその時刻にタスクが継続している確率が高いことを示しています。

B1



B2



A1について *

このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか?

	1	2	3	4	5	
適切に示していない	○	○	○	○	○	適切に示している

A2について *

このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか?

	1	2	3	4	5	
適切に示していない	○	○	○	○	○	適切に示している

B1について *

このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか?

	1	2	3	4	5	
適切に示していない	○	○	○	○	○	適切に示している

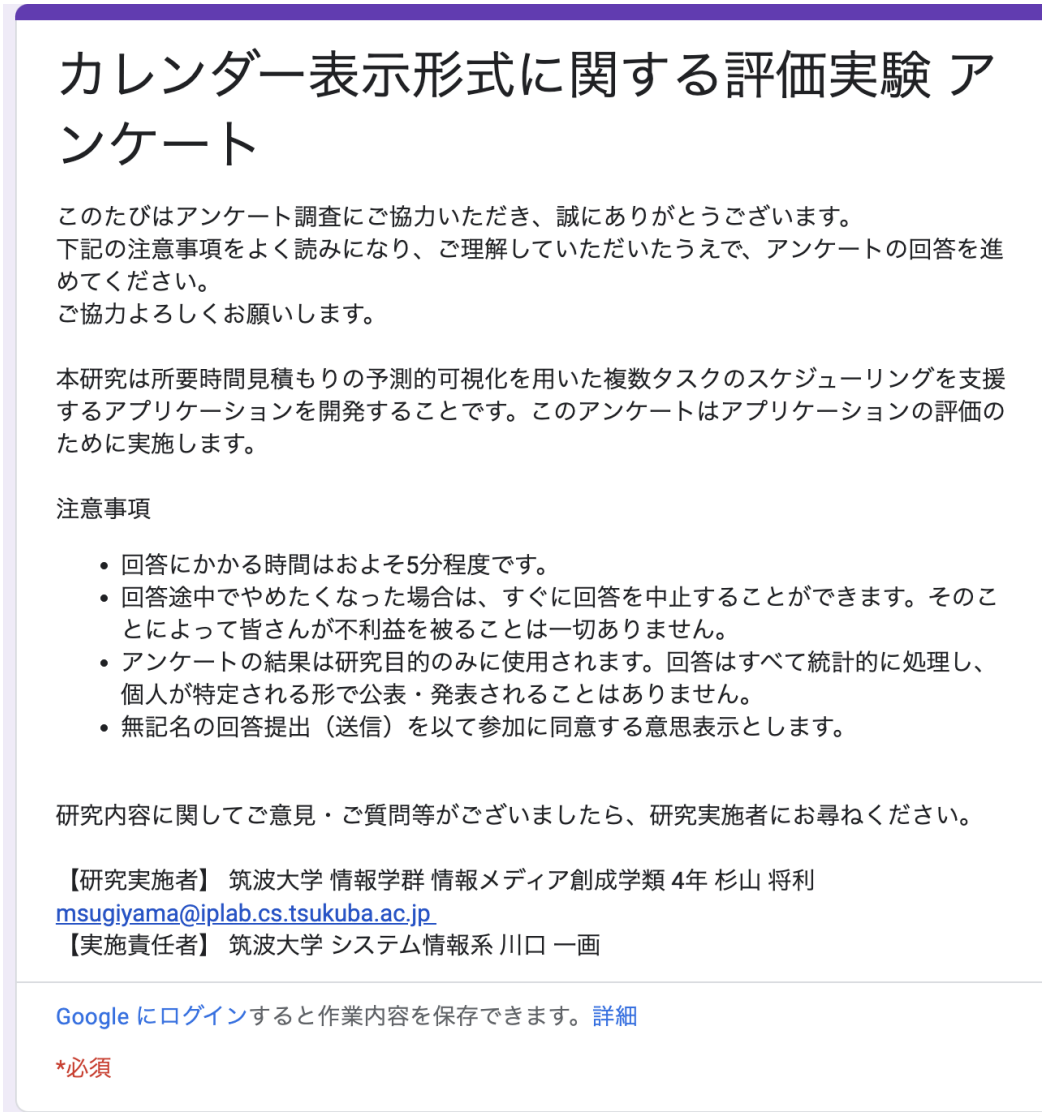
B2について *

このカレンダー表示は度数分布表に含まれる情報を適切に示していますか?

	1	2	3	4	5	
適切に示していない	○	○	○	○	○	適切に示している

付 録B　評価実験アンケート

第 5 章で行った評価実験のアンケートで使用した Google フォームのスクリーンショットを示す.



カレンダー表示形式に関する評価実験 アンケート

このたびはアンケート調査にご協力いただき、誠にありがとうございます。
下記の注意事項をよく読みになり、ご理解していただいたうえで、アンケートの回答を進めてください。
ご協力よろしくお願いします。

本研究は所要時間見積もりの予測的可視化を用いた複数タスクのスケジューリングを支援するアプリケーションを開発することです。このアンケートはアプリケーションの評価のために実施します。

注意事項

- 回答にかかる時間はおよそ5分程度です。
- 回答途中でやめたくなった場合は、すぐに回答を中止することができます。そのことによって皆さんが不利益を被ることは一切ありません。
- アンケートの結果は研究目的のみに使用されます。回答はすべて統計的に処理し、個人が特定される形で公表・発表されることはありません。
- 無記名の回答提出（送信）を以て参加に同意する意思表示とします。

研究内容に関してご意見・ご質問等がございましたら、研究実施者にお尋ねください。

【研究実施者】 筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類 4年 杉山 将利
msugiyama@iplab.cs.tsukuba.ac.jp
【実施責任者】 筑波大学 システム情報系 川口 一画

Google にログインすると作業内容を保存できます。詳細

*必須

通常のカレンダー表示について

所要時間見積もりについて *

サブタスクとサプライズイベントにもとづいて所要時間を見積もることの難しさについて評価してください。

	1	2	3	4	5	
容易	○	○	○	○	○	困難

スケジューリングについて *

通常のカレンダー表示でのタスクBとタスクCのスケジューリング（開始時刻の決定）の難しさについて評価してください。

	1	2	3	4	5	
容易	○	○	○	○	○	困難

予測的可視化のカレンダー表示について

予測的可視化について *

このカレンダー表示がスケジューリング（開始時刻の決定）に役立ったかどうか評価してください。

	1	2	3	4	5	
全く役立たなかった	○	○	○	○	○	とても役立った

スケジューリングについて *

予測的可視化のカレンダー表示でのタスクBとタスクCのスケジューリング（開始時刻の決定）の難しさについて評価してください。

	1	2	3	4	5	
容易	○	○	○	○	○	困難

システムの印象について

システムの印象についてコメントがあれば記入してください。

回答を入力

実験全体について

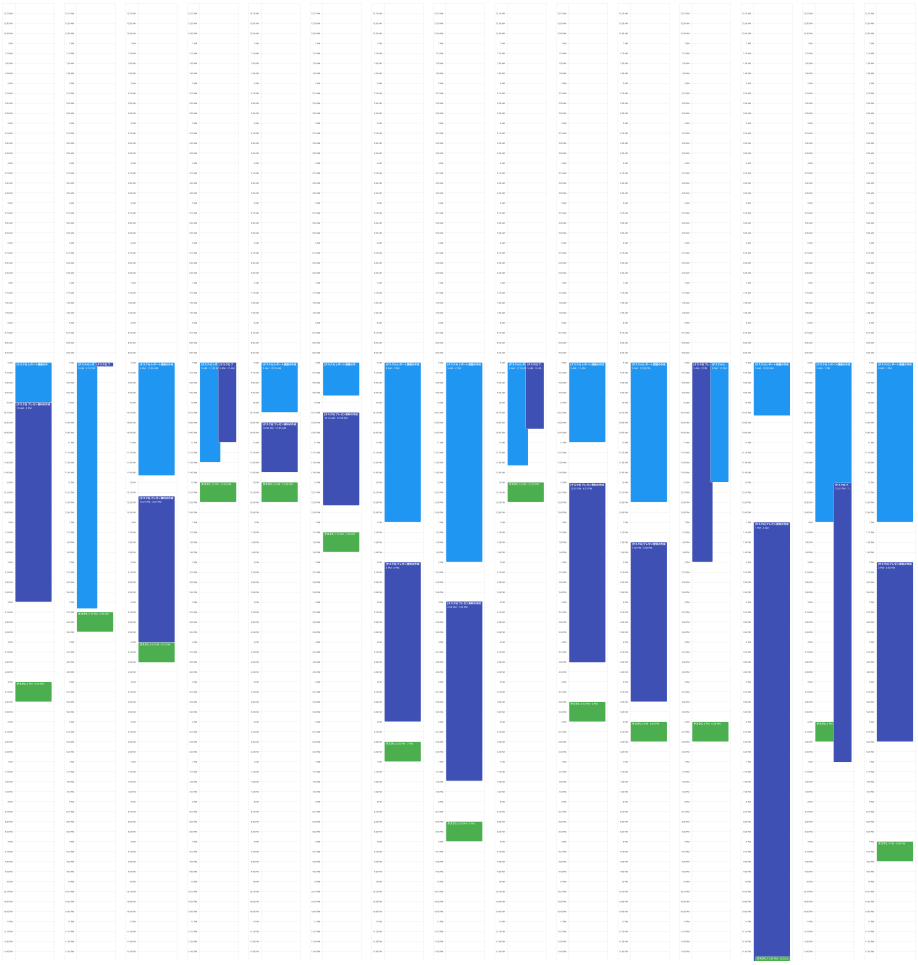
実験全体についての感想があれば記入してください。

回答を入力

付 録C　全ての実験参加者のカレンダー表示

第 5 章で行った評価実験の全ての実験参加者のカレンダー表示を示す．実験参加者のカレンダーの表示順は，それぞれの条件で同じ順番で表示している．

C.1　通常表示条件



C.2　予測表示条件

