

## CCPM バッファ管理を用いた要求定義工程のプロジェクト管理

—USDM 要求仕様策定における一事例—

## Project Management of Requirements Development Based on CCPM

-A Case Study of USDM Software Requirement Specifications Development-

株式会社日立製作所 横浜研究所 組込みソフトウェア研究部

Hitachi, Ltd., Yokohama Research Laboratory Embedded Software Research Dept.

○八木 将計 北川 健二 平塚 幸恵 田中 晶 小川 秀人

○Masakazu Yagi Kenji Kitagawa Yukie Hiratsuka Akira Tanaka Hideto Ogawa

**Abstract** This paper proposes a project management of requirements development based on CCPM (Critical Chain Project Management). Because CCPM is not suitable to manage the tasks with very high uncertainty, it is difficult to apply CCPM to the requirements development, in generally. We classify requirements development process by difficulty of the estimation. We can manage the predictable task in requirements development by CCPM and can handle the unpredictable task by project buffer of CCPM. Further, this paper shows a case study of USDM (Universal Specification Describing Manner) software requirement specification development based on the proposed method.

## 1. はじめに

ソフトウェア要求は、ソフトウェア開発の基盤であり、要求定義は、ソフト開発において重要な工程の一つである。要求定義工程は、ステークホルダから要求を獲得・分析し、仕様化した要求について、ステークホルダと合意するプロセスとなる<sup>[1]</sup>。この工程では、ある程度、調査や検討といった手探り・試行錯誤が必要となるため、ソフト開発の他工程よりも作業工数のバラツキが大きい。そのため、この要求定義は大きく遅延する可能性をもち、その遅延はソフト開発プロジェクト全体の遅延として積み上がることになる。また、要求定義が遅延しても開発期限を変更できない場合が多く、要求が不十分な状態でソフト開発を無理に進めがちになり、後工程における手戻り発生リスクを高めてしまう。よって、要求定義工程における遅延を検出し、早期に対策することがソフト開発プロジェクトを成功させる上で非常に重要となる。

一方、プロジェクト管理手法として、CCPM (Critical Chain Project Management)が知られている<sup>[2][3]</sup>。CCPMのバッファ管理は、従来の各作業タスクに含まれるバッファ(安全余裕)を取り除いて、代わりにプロジェクト全体のバッファを設け、各タスクで発生した遅延をプロジェクトバッファで対処する手法である。また、そのプロジェクトバッファの状態を監視することで遅延を検出でき、早期対策が可能となる。しかし、CCPM バッファ管理は、ある程度タスクが明確な場合を前提としており、どの程度発生し、どの程度工数が必要になるか、事前に見積りが困難なタスクは扱づらい。よって、手探り・試行錯誤が多く含まれる要求定義工程をそのまま CCPM バッファ管理を適用することは難しい。

そこで、本論文では、要求定義工程の各要素プロセスを見積りの困難さで分類し、比較的に見積りが容易な要求仕様化・検証を工程管理の対象とし、見積りが難しい要求獲得・分析は、直接工

---

 株式会社日立製作所 横浜研究所 組込みソフトウェア研究部

Hitachi, Ltd., Yokohama Research Laboratory Embedded Software Research Dept.

神奈川県横浜市戸塚区吉田町 292 番地 Tel: 050-3135-3469 e-mail: masakazu.yagi.zd@hitachi.com

292, Yoshida-cho, Totsuka-ku, Yokohama-shi, Kanagawa-ken, Japan

程管理をせずに発生作業をプロジェクトバッファで吸収する方法を提案する。

また、本論文では、USDM (Universal Specification Describing Manner)<sup>[4]</sup>とそのレビューを導入している日立グループのある組込み製品開発で本手法を試行した。結果、USDM 要求仕様策定にてCCPM バッファ管理が有効に機能し、2012/10/17 から約2ヶ月の予定で開始、2012/11/1 という早期の段階で遅延検出することができた。

## 2. CCPM バッファ管理の概要と問題点

### 2.1 CCPM バッファ管理とは

プロジェクトとは「独自の製品、サービス、所産を創造するために実施される有期性の業務である」と定義されている<sup>[5]</sup>。つまり、プロジェクトは、毎回異なる成果物を生成するため、定型業務と異なり、作業に不確実性を含むという特徴がある。よって、プロジェクトでは、この不確実性に対処するためにバッファ(安全余裕)を見込む。従来のプロジェクト管理法では、各作業タスクの見積りにこのバッファが見込まれることになる(図 1(a)上)。このようなバッファを含むタスク見積りを HP (Highly Possible)と呼び、バッファを含まないギリギリ完遂可能な見積りを ABP (Aggressive But Possible)と呼ぶ<sup>1</sup>。しかし、人は、様々な要因で与えられたバッファを使いきってしまう性質(パーキンソンの法則<sup>[6]</sup>)があるため、各タスクのバッファでは対処できない遅れが発生すると、結果的にプロジェクト全体が遅れてしまう。

CCPM バッファ管理は、各タスクのバッファを取り除き、各タスクの期間を圧縮 (HP から ABP にする)する代わりに、「プロジェクトバッファ」を設けて管理する手法である(図 1(a)下)。このプロジェクトバッファは、リソース競合を取り除いた最長パスである「クリティカルチェーン」を基準に組織で決定した比率(50%~100%)の日数で計画する。個々のタスクが遅れたとしても、大きなプロジェクトバッファで保護できるため、プロジェクトの遅延を防ぐことができる<sup>[2][3]</sup>。

プロジェクトバッファの状況は、横軸がプロジェクト進捗率を縦軸がプロジェクトバッファ消費率を示す「バッファ傾向グラフ」で表現する(図 1(b))。このバッファ傾向グラフを用いて、プロジェクトの進捗状況と残りのバッファを緑・黄色・赤という三色で管理する<sup>2</sup>。緑ゾーンときは、何も手を打つ必要なく、黄色ゾーンで対策を検討、赤ゾーンに入った時点で対策を実行に移す。このようにバッファ傾向グラフを用いると、プロジェクトの状況が一目瞭然となり、早期遅延の危険性を察知し、先手の対策が可能となる。

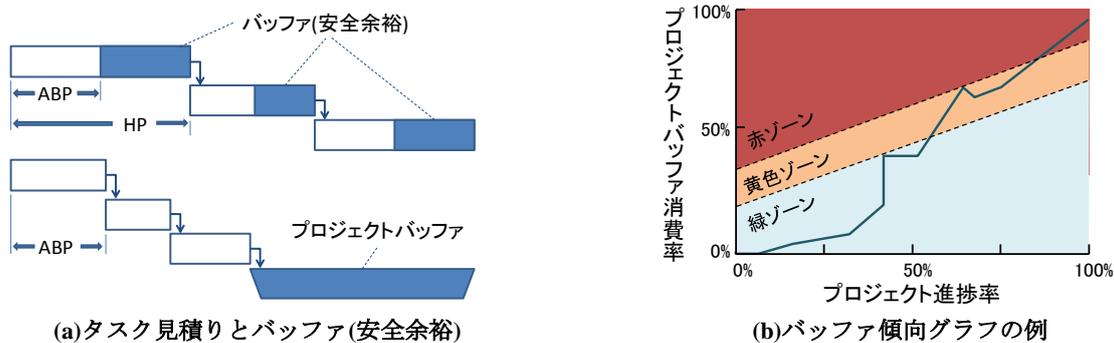


図 1 プロジェクトバッファとバッファ傾向グラフ

<sup>1</sup> ABP は完遂確率 50%の見積りで、HP は 80%~90%の見積りである。一般に、この完遂確率の特性はベータ分布になり、HP は ABP の 2 倍~3 倍になるといわれる。

<sup>2</sup> プロジェクト進捗率とバッファ消費率は以下の式で計算する。プロジェクト進捗率 = (クリティカルチェーンの計画日数 - クリティカルチェーン上のタスクの残日数の合計) / クリティカルチェーンの計画日数。バッファ消費率 = クリティカルチェーン上のタスクの遅延日数の合計 / プロジェクトバッファの計画日数。ただし、各タスクの遅延日数 = 経過日数 + 残日数 - 計画日数、計画日数と残日数は全て ABP。

また、バッファ傾向グラフの基準線は、組織で決定する。一般には、緑-黄色線: バッファ 15%(進捗 0%)→75%(進捗 100%)、黄色-赤線: バッファ 30%(進捗 0%)→90%(進捗 100%)が用いられる。

## 2.2 CCPM バッファ管理の問題点

CCPM バッファ管理は、対象としているプロジェクトのタスクが明確で、ある程度見積りが可能であることを前提条件としている。手探り状態の作業や試行錯誤が必要な作業が含まれ、そのタスクの作業工数のバラツキが大きい場合、追加作業の発生でマイナスの進捗率も発生してしまうことがある。つまり、見積りが困難なタスクが含まれる場合、バッファ傾向グラフの推移が不安定となるため、プロジェクトの状況を把握しづらくなる。

したがって、一般に試行錯誤が必要となる要求定義工程において CCPM バッファ管理を適用することは困難である<sup>3</sup>。

## 3. 要求定義工程における CCPM バッファ管理手法

### 3.1 提案手法の考え方

要求定義は、「要求獲得」「要求分析」「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」の4つのプロセスで構成される(図 2)<sup>[1]</sup>。要求定義工程は、一般に試行錯誤が必要となるが、全てのプロセスが見積り困難なわけではないと考えられる。

そこで、本論文では、要求定義工程の各プロセスを見積りの困難さで分類し、比較の見積りが容易な工程を工程管理の対象とし、見積りが難しい工程は直接工程管理をせずに発生した作業をプロジェクトバッファで吸収することで、CCPM バッファ管理を要求定義工程に適用する方法を提案する。



図 2 要求定義プロセス

### 3.2 提案手法の前提条件

要求定義工程を分類するために、要求定義の見積りの困難さの要因について考える。要求定義の作業工数に大きなバラツキを発生させる要因は、以下の3つの見積りの困難さが考えられる。

- (1) 実現すべき要求項目の数
- (2) 各要求項目における作業タスク
- (3) 各作業タスクにおける工数

ここで、(1)の要求項目数が5倍や10倍と大きく変動すると、それに伴って要求定義工程全ての作業工数も非常に大きなバラツキを発生してしまい、提案手法では対処できない。そこで、提案手法は、(1)実現すべき要求項目の数はそれほど大きく変動しないこと(変動幅が数十%以内)を前提条件とする。

### 3.3 要求定義工程の分類

要求定義工程の各要素プロセスにおけるタスク見積りと工数見積りの困難さについて検討する。タスク見積りの困難さについて、見積りを難しくする手探りや試行錯誤が必要なタスクは「要求獲得」「要求分析」に多く、「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」には少ないと考えられる。よって、「要求獲得」「要求分析」工程のタスクが不明確で見積りが難しいが、「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」工程はタスク明確で見積りがしやすいと考えられる(表 1)。

一方、工数見積りについては、表 1 に示すとおり、どの要求定義工程であっても、大きく差はないものと考えられる。ただし、「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」については、次章の事例でも用いている USDM<sup>[4]</sup>やプランニングポーカー<sup>[7][8]</sup>を用いることで、工数見積りの精度を向上しやすいと考えられる。

<sup>3</sup> CCPM では、試行錯誤が発生しないよう十分な準備を行なう。これをフルキットといい、通常、要求定義もこの準備に含む。

よって、タスクが明確で工数見積りがしやすい「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」を工程管理対象とし、事前に見積りが難しい「要求獲得」「要求分析」の工程における発作業はプロジェクトバッファで吸収することとする(表 1)。

なお、通常、CCPM バッファ管理はプロジェクト全体に適用するものであり、一部の工程のみに閉じるものではない。提案手法に基づいて要求定義を扱うことで、プロジェクト全体の CCPM バッファ管理に要求定義工程を含めることが可能になると考えられる。

表 1 要求定義プロセスの各工程における見積りの困難さとバッファ管理の方針

	要求獲得 /要求分析	要求仕様化 /要求の検証・妥当性確認・評価
作業タスクの見積り	×困難	◎容易
工数の見積り	△普通	△普通 (後述の USDM やプランニング ポーカーの適用が効果的)
バッファ管理方針	直接, 工程管理しない ※発作業はバッファで吸収	工程管理する

### 3.4 バッファの計画方法

提案手法におけるプロジェクトバッファを以下の手順で計画する。

- (1) 要求項目毎に「要求仕様化」と「要求の検証・妥当性確認・評価」の工数を ABP で見積る。なお、前述の通り、USDM やプランニングポーカーを用いると、工数見積りの精度を向上できる。
- (2) (1)の結果より、工程表を作成し、クリティカルチェーンを特定する。
- (3) 要求仕様策定でのバラツキを吸収できる量のプロジェクトバッファを計画する。

通常の CCPM では、クリティカルチェーンの 50%~100%のサイズでプロジェクトバッファを計画するが、提案手法の場合、クリティカルチェーンの対象となる「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」以外に、「要求獲得」「要求分析」での発作業もプロジェクトバッファで対処しなければならない。よって、通常の CCPM よりも大きなバッファを計画する。一般に適切なバッファサイズを特定するのは難しいが、「要求獲得」「要求分析」工程の発作業工数のバラツキは製品ドメインや組織の特徴に基づく傾向を持つと予想できるため、組織内の他プロジェクトの情報を参考するとよい可能性がある。

### 3.5 バッファ管理の実行方法

ソフト開発プロジェクトにおける CCPM バッファ管理の実行にはタスクの状況を見える化する「タスクボード」が用いられる<sup>[3][9]</sup>。タスクボードは、一つのタスクを一つの付箋として、ToDo→Doing→Done と推移させることで、タスクの状況を見える化するツールである。CCPM でタスクボードを用いることには、パーキンソンの法則の発生を抑止するためと、バッファ傾向グラフの基礎となるタスクの残日数を求めやすくする目的がある<sup>[3]</sup>。

要求定義においては、各要求項目がそれぞれの工程を経て、要求仕様となるため、各要求項目それぞれを付箋にし、図 3 に示すようなタスクボードとなる。本手法で工程管理の対象としているのが「要求仕様化」と「要求の検証・妥当性確認・評価」の工程であるため、各要求項目における「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」について、残日数を求める。このとき、「要求獲得」「要求分析」が遅延すれば、「要求仕様化」の工程を開始することができないため、バッファ傾向グラフにその様子が表われることになる。また、「要求仕様化」や「要求の検証・妥当性確認・評価」のフェーズで要求の不備が発覚し、「要求獲得」や「要求分析」に戻ることも考えられるが、それによる工数増も「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」に反映することで、

バッファ傾向グラフで表現されることになる。

よって、「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」をバッファ傾向グラフでモニタリングすることで、要求定義工程における遅延を検出できるものと考えられる。

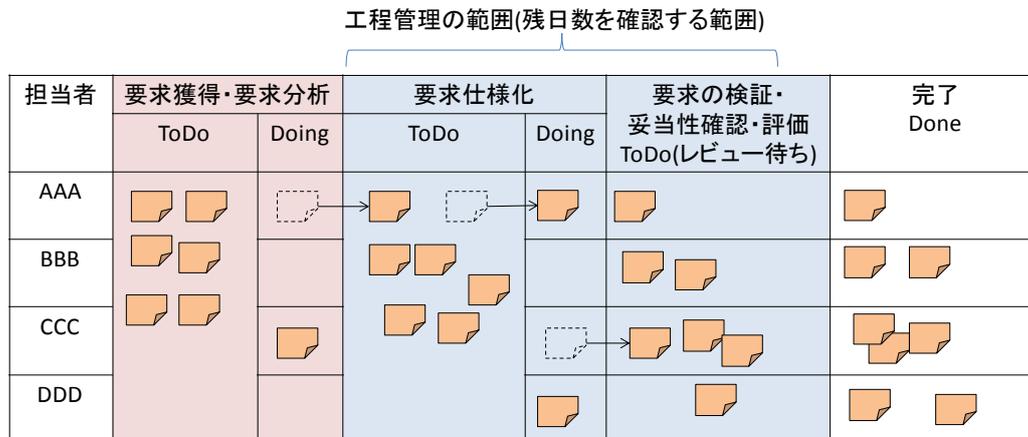


図 3 要求定義タスクボード例

#### 4. USDM 要求仕様策定への適用

##### 4.1 対象プロジェクトの概要

前章で示した手法を日立グループのある組込みソフト開発プロジェクトに適用した。概要を表 2 に示す。対象プロジェクトは、フルスクラッチでの新機種開発ではあるものの、要求仕様の半数程度は既存機種と同等という特徴があった。よって、提案手法の「実現すべき要求項目の数が大きく変動しない」という前提条件に合致していると考えられる。

また、当該組織では、従来、要求仕様が不十分な状態で開発を進めていたため、多数の手戻りが発生していた。そこで、対象プロジェクトでは、新たな取り組みとして、要求仕様の抜け漏れを発見しやすい記法である USDM とそのレビューを導入することとなっていた。よって、要求仕様化とそのレビュー(検証・妥当性確認・評価)については、USDM を用いることとなり、従来のものは流用できないため、全ての要求項目に対して実施する必要があった。

また、半数程度が既存機種と同等という特徴から、「要求獲得」「要求分析」は省略できるものも含まれていた。そのため、全ての要求項目を付箋に書き出し、各要求項目がどの工程であるかを分類して、タスクボードに掲示した。

通常、CCPM は、プロジェクト全体に適用するもので一部の工程のみに限定するものではないが、本適用試行では、試行ということもあり、提案手法の適用対象を USDM 要求仕様策定工程のみとした。

表 2 適用対象プロジェクトの概要

項目	内容
開発プロジェクト全体の期間	2012 年 10 月～2013 年 6 月
要求定義工程の期間	2012 年 10 月～2012 年 12 月
開発規模	約 200KLOC
開発言語	C#, XAML
開発形態	フルスクラッチでの新機種開発。 ただし、半数程度の要求仕様は既存機種と同等。
主な要求定義のステークホルダ	システム設計部門, 品質保証部門
備考	MVC (Model-View-Control) 分離構造のアーキテクチャを採用。 USDM 適用対象は、Model 部のみ。

## 4.2 USDM と工数見積り

対象プロジェクトでは、要求手戻り防止のため USDM とそのレビューを導入することとなっていた。USDM は、要求を階層構造で表現し、各要求に対して「理由」と「説明」に記述する要求仕様記法である<sup>[4]</sup>。USDM は、扱いやすい粒度に要求仕様項目を分割するため、サイズの見積りが容易になり、要求仕様化のルールがしっかりしているため、工数見積りも立てやすいという特徴がある。

本事例においても、USDM のサイズ見積りと次節のプランニングポーカーをベースに工数見積りを行った結果、大きな外れもなく見積ることができた。

## 4.3 プランニングポーカーによる工数見積り

対象プロジェクトでは、「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」に必要なタスクは明確になっていたが、USDM 要求仕様化は担当の開発者が初めて実施する作業であるため、工数見積りが困難であった。そこで、「プランニングポーカー<sup>[7][8]</sup>」を応用した。プランニングポーカーは、相対的な見積り手法であり、実績のないタスクであっても見積りを行うことができる。具体的には以下の手順で工数見積りを行った。

- (1) USDM 要求仕様化の対象となる要求仕様一覧を作成する。
- (2) 要求仕様のサイズを 1(小), 3(中), 8(大), 13(特大)の 4 つとする。  
(数字は、相互を比較した数値を示しており、具体的な単位を持たない)
- (3) (1)の要求仕様一覧から全員が想像しやすく「中」に適切なものを一つ選び、基準として、サイズ「中」とする。
- (4) (1)の要求仕様一覧全ての項目について、(2)で選択した基準と比較して、どの程度の大きさになるかを検討して相対的なサイズ見積り(小, 中, 大, 特大)をする。
- (5) どれかの要求仕様項目について、実際に USDM 要求仕様化を実行し、どの程度の工数になるか検証する。
- (6) (5)の結果と(4)の相対的なサイズ見積りから、全ての要求仕様項目について、どれくらいの作業工数になるかを計算する。

プランニングポーカーでは、通常、メンバー全員で行うが、今回は全員ではなくドメイン知識が豊富な開発者数人の話し合いで実施した。また、プランニングポーカーはその名のとおり、見積りの数字が書かれているカードを用いたりするが、話し合いで決定する方法をとった。

## 4.4 バッファの計画

3.4 節のバッファの計画方法に基づいてバッファを計画した。

まず、工数見積りであるが、担当者が本手法に不慣れであることもあり、いきなり ABP での見積りが難しかった。そこで、CCPM でよく用いられる方法である、「通常の工数見積りを半分にする方法」をとった。つまり、HP で工数を見積ってもらったものを一律で半分にして ABP とした。

次に、バッファのサイズであるが、本適用試行では、クリティカルチェーンの 100%とした。つまり、トータルの期間は HP で見積もった期間と同じとなるようにバッファを計画した。

## 5. 試行結果と考察

### 5.1 試行結果

前章に示した、ある組込みソフト開発プロジェクトに対する提案手法の試行結果(バッファ傾向グラフ)を図 4 に示す。USDM 要求仕様策定は、2012/10/17 に開始し、終了予定 2012/12/14 から 2 週間遅れの 2012/12/28 に完遂した。進捗率 14%付近で、バッファを急速に消費(垂直に上っている)しており、2012/11/1 に赤ゾーンに突入したため、その対処として、2012/11/5 に USDM 要求仕様策定完了予定をリスケジュールした。予定変更が発生してしまったが、早期に対策を取ったため、その後のプロジェクトには大きな影響は出ていない。また、図 4 より、プロジェクト進捗 14%、29%、62%付近で急速にプロジェクトバッファを消費している様子がわかるが、これは他プロジェ

クトに人員が取られてしまい、対象プロジェクトに作業工数が割けなくなってしまったことが要因であった。これらに対して、プロジェクトメンバーを増員する、他プロジェクトの割り込みはプロジェクトマネージャーが一度フィルタリングする、兼任であったメンバーを専任にする、などの対策を取った。結果、予定変更後の締切 (2012/12/28)を守ることができた。

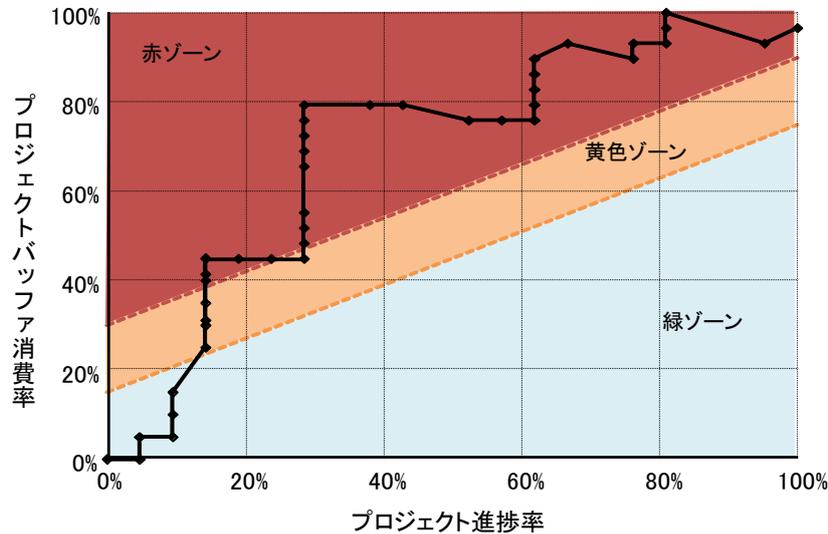


図 4 USDM 要求仕様策定のバッファ傾向グラフ

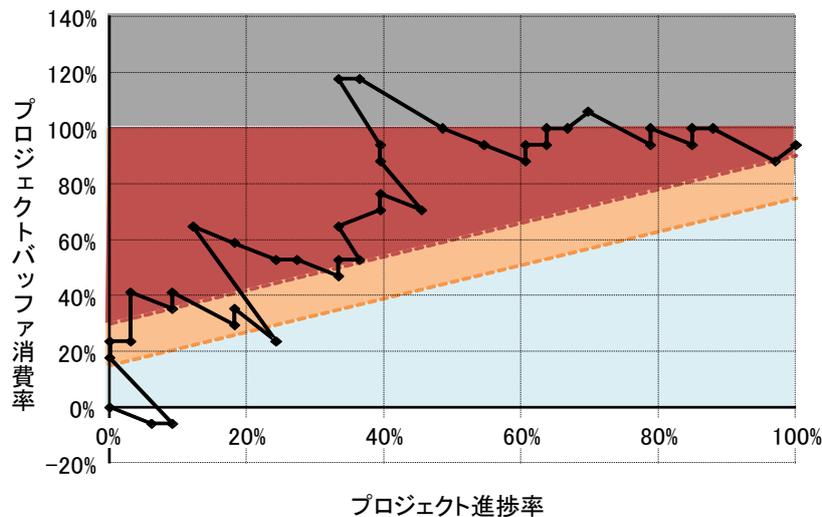


図 5 要求獲得・要求分析工程を含めた場合のバッファ傾向グラフ(シミュレーション)

## 5.2 要求獲得・要求分析を含めた場合のシミュレーションと考察

提案手法の効果確認のため、試行結果に対し、仮に「要求獲得」「要求分析」をバッファ管理の工程管理対象とするシミュレーションを行った(図 5)。シミュレーションの条件は以下である。

- (1) 期間は前節に示したリスケジュール後の期間(2012/10/17 開始, 2012/12/28 終了)とする。
- (2) USDM の「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」工程の見積りおよび残日数の進捗は前節の結果をそのまま用いる。
- (3) 「要求獲得」「要求分析」工程の作業工数は、要求仕様のサイズに基づいて見積る。
- (4) プロジェクトバッファのサイズは、クリティカルチェーンの 50%(標準的なバッファサイズ)になるように設定する。それに合わせて(3)の工数見積りの微調整を行う。

(5) 「要求獲得」「要求分析」工程の残日数は、実際の作業データから算出する。

図 5 より、「要求獲得」「要求分析」をバッファ管理の工程管理対象とすると、バッファ消費率がマイナスになったり、100%以上になったり、バッファ傾向グラフが不安定なっている。これは、「要求獲得」「要求分析」の工程は、実際に作業してみると、想定よりも容易であったり、逆に難しかったりするというを示しており、今回の適用プロジェクトにおいても、そのような状況が見られた。よって、提案手法に基づき、要求定義工程においても見積りの困難さで工程を分類し、バッファ管理の適用対象範囲を選択することで、本シミュレーション(図 5)で確認したバッファ傾向グラフが不安定になるという問題を抑制することができると考えられる。

## 6. 今後の課題

本論文の提案手法は、適用試行した USDМ 要求仕様策定では有効であったが、以下の点を明確にすることが課題として残ると考えている。

- (1) 提案手法は、USDМ 以外を用いている場合でも有効である可能性が高い。
- (2) USDМ は見積りを容易にする性質があるため、提案手法との親和性が高い可能性がある。
- (3) 提案手法の「要求定義工程を分類する」というアプローチは CCPM 以外のプロジェクト管理(例えば、バーンダウンチャート<sup>[9]</sup>)でも有効である可能性がある。

これらの点について、今後、さらに研究を進めていきたい。

## 7. まとめ

本論文では、要求定義の工程をタスク・工数の見積りの困難さで分類することで工程管理に CCPM バッファ管理を用いる方法を提案した。CCPM バッファ管理は、プロジェクト全体のバッファを管理することで、早期に遅延を顕在化させ、先手の対策を可能とする手法であるが、見積りにくく工数のバラツキが大きい要求定義工程は扱いづらいという問題があった。そこで、本論文では、要求定義工程を工数見積りの困難さで分類し、比較の見積りが容易な「要求仕様化」「要求の検証・妥当性確認・評価」について工程管理し、見積りが難しい「要求獲得」「要求分析」の作業はプロジェクトバッファで吸収する手法を提案した。

また、本論文では、提案手法をある組込みソフト開発プロジェクトにおける USDМ 要求仕様策定に対して適用試行を行なった。結果、バッファ管理が有効に機能し、早期の段階で遅延を検出することができた。

## 8. 参考文献

- [1] 一般社団法人 情報サービス産業境界 REBOK 企画 WG, 要求工学知識体系(REBOK)第 1 版, 近代科学社, 2011.
- [2] Eliyahu Goldratt, クリティカルチェーン—なぜ、プロジェクトは予定どおりに進まないのか?, ダイアモンド社, 2002.
- [3] 西原隆, 栗山潤, TOC/CCPM 標準ハンドブック—クリティカルチェーン・プロジェクトマネジメント入門, 秀和システム, 2010.
- [4] 清水吉男, 改訂第 2 版 [入門+実践]要求を仕様化する技術・表現する技術~仕様が書けていますか?, 技術評論社, 2010.
- [5] Project Management Institute, Inc., プロジェクトマネジメント知識体系ガイド (PMBOK®ガイド) 第 4 版, Project Management Institute, Inc., 2009.
- [6] C.N.パーキンソン, パーキンソンの法則, 至誠堂, 1996.
- [7] Mike Cohn, アジャイルな見積りと計画づくり ~価値あるソフトウェアを育てる概念と技法~, 毎日コミュニケーションズ, 2009.
- [8] Jonathan Rasmusson, アジャイルサムライ—達人開発者への道—, オーム社, 2011.
- [9] 天野勝, プロジェクトファシリテーション実践編 見える化ガイド, 永和システムマネジメント, 2012.