

年間スケジュールを考慮したプロジェクト人員配置問題

吉田 恒 (沼田 一道教授, 松浦 隆文助教)

1 はじめに

コンピュータ技術の進歩により現代では、企業・個人が様々な IT(Information Technology)サービスを利用しており、IT サービスは不可欠な存在となっている [1]。特に企業では、社内の業務効率化、顧客への情報提供など様々なシステムを常に開発し構築している。ある SIer(System Integrator) A 社ではシステムエンジニア(以下、SE)を雇用し、各企業が開発しているシステムのインフラストラクチャー構築(以下、インフラ構築)を専門に請け負っている。インフラ構築とは、エンドユーザ(サービスを実際に利用する人)が利用するサービスを実現する為のソフトウェアを動作させる環境(オペレーティングシステム、ネットワーク、データベース等)整備である。この依頼された一つのインフラ構築を、プロジェクトと呼ぶ。

A 社では、依頼されるプロジェクト毎に要求技術能力を持つ SE の中で手が空いている SE から順次プロジェクトに割り当てている。その為、新たに来た依頼に見合う技術能力を持つ SE が不足しがちになり、依頼を断る事が多く発生し販売機会の喪失となっている。依頼されるプロジェクトを全て請ける事が出来れば売上は増加するが、依頼されるプロジェクトに必要な技術能力を持った SE には限りがあり全てのプロジェクトに、そのような SE を割り当てる事は出来ない。しかし、依頼されるプロジェクトについては例年の実績から依頼時期、内容のある程度予測する事は可能である。その為、限られた SE を有効に割り当てる事でより多くのプロジェクトを請け、売上を増やす事が出来る。本研究では最大の売上を得るために、限られた SE をより多くのプロジェクトへ割り当てるモデルを考察する。

2 A 社の現状

A 社ではシステム構築の依頼を受け、構築に必要な技術能力を持った SE をプロジェクトに割り当てている。年単位の開発期間が掛かる大規模なシステム開発であってもインフラ構築は 6 ヶ月以内の期間で完了する事が一般的である。インフラ構築を大きく分けると、設計・構築・ドキュメント作成(報告書)の 3 段階に分けられ、要求される技術能力は以下の通りである。

- ① 設計は要求される技術能力が一番高く、知識・経験が豊富な技術者にしか出来ない。
- ② 構築は設計が完了しているので、要求される技術能力は①程高くない。
- ③ ドキュメント作成で要求される技術能力は、設計・構築の資料を作成し報告する為の文書作成となり、設計書、構築時の作業記録から内容を理解できる程度の技術能力である。

A 社には 15 名の SE が在籍しており、各 SE の技術能力を 3 段階の Rank で分類している。RankA の技術能力は①にあたり設計から従事し、作業全般を受け持つ。RankB は技術能力②にあたり構築段階(設計されたシステム)から従事でき、簡単な設計までは出来る。RankC は技術能力③となり、RankA, B からの指示を受ける事で構築は可能であり、単独ではドキュメント作成までとなっている。また、インフラ構築の規模により実施可能な SE の組み合わせは制限される。規模には以下の 3 通りがある。

- 大規模システム構築 : 官庁関係や通信キャリア・電力会社など全国規模のシステム構築。
- 中規模システム構築 : 上場企業の社内システムや顧客向け情報提供システムなどのシステム構築。
- 小規模システム構築 : 中小企業向けの社内システム構築やドキュメント作成など。

A社の現状は RankA が 6 名， RankB が 4 名， RankC が 5 名となっている．プロジェクトには最小人数が決まっており，1 名ないし 2 名の SE からなるチームを割り当てる．また各 SE は同時に 2 つ以上のプロジェクトに割り当てる事は

出来ない．各 Rank の SE に必要な人件費は決まっており，プロジェクトに割り当てられたチームに掛かるコスト(チーム人件費×作業期間)をプロジェクトで得られる売上から引いた物を利益とする．そして，依頼されるプロジェクトには構築期間が決まっており，開始時期は変更出来ず，

また，この納期期間を越える事は出来ない．期間は最短で半月，最長で 6 ヶ月である．ここで，1 年を半月単位 24 期間(0 ~ 23)に区分けしている．尚，依頼は企業より請けるので，プロジェクトの開始時期は年度の開始月である 4 月からとなる．そして，システム構築の規模により納期期間は決まってい

るが，割り当てる SE の配属人数(チーム)，技術能力により作業期間は短縮する事が出来る(表 1)．また，A 社の 2009 年実績では，利益がマイナスとなるプロジェクトは請けてはいないが，割り当てが無い(手空き)SE が発生した場合，その期間は SE の人件費がマイナスとなるので，割り当てるプロジェクトが無い場合であっても，利益の減少を抑える為にはマイナス

となるプロジェクトでも請ける事がある．例年の実績から依頼されるプロジェクトの規模，売上，期間，必要な SE の Rank は予測する事が可能である(図 1)．

表 1 チームによる必要期間(例)

構築規模	最低人員	納期期間	チームによる作業時間 *半月を1とする								
			A	B	C	A+A	A+B	A+C	B+B	B+C	C+C
大規模システムの構築	2名	6ヶ月	∞	∞	∞	8	8	11	12	∞	∞
大規模システムの構築	2名	5ヶ月	∞	∞	∞	7	8	10	9	10	∞
大規模システムの構築	2名	5ヶ月	∞	∞	∞	5	6	10	∞	∞	∞
大規模システムの構築	1名	4ヶ月半	∞	∞	∞	6	7	9	8	∞	∞
中規模システムの構築	1名	6ヶ月	∞	∞	∞	9	10	11	11	12	∞
中規模システムの構築	1名	5ヶ月	8	10	∞	6	8	10	8	9	10
中規模システムの構築	1名	4ヶ月	∞	∞	∞	5	6	7	7	8	∞
中規模システムの構築	2名	5ヶ月	7	9	∞	5	6	9	7	9	∞
中規模システムの構築	2名	3ヶ月半	6	7	∞	4	5	6	5	7	∞
中規模システムの構築	1名	2ヶ月	3	4	∞	2	3	4	3	4	∞
中規模システムの構築	1名	1ヶ月半	2	3	∞	1	2	3	2	3	∞
小規模システムの構築	1名	3ヶ月	4	5	∞	3	4	5	4	5	6
小規模システムの構築	1名	1ヶ月	1	1	2	1	1	1	1	1	2
ドキュメント作成	1名	半月	1	1	1	1	1	1	1	1	1

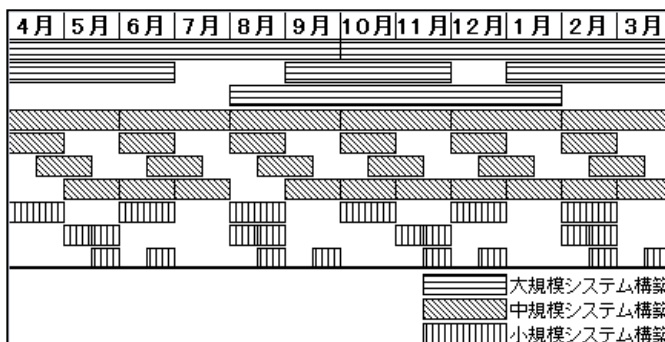


図 1 要求技術力と期間

3 定式化

まず，記号を定義する．プロジェクト i ($i = 1 \dots n$) を行った時の売上を r_i ，このプロジェクトの開始時期を b_i ，プロジェクトを行う SE のチーム構成を j ($j = 1 \dots 9$)，プロジェクト i をチーム j で行った時の所要時間を d_{ij} とする．そのチームではプロジェクトが達成出来ない時は ∞ とした．RankA の SE は α 人，RankB の SE は β 人，RankC の SE は γ 人が A 社に所属しているとした．この時，チームへ割り当てる SE の人数を

チーム j が必要とする RankA の SE の人数を a_j

チーム j が必要とする RankB の SE の人数を b_j

チーム j が必要とする RankC の SE の人数を c_j

で表す．具体的な値は表 2 に示す通りである．プロジェクトに割り当てられず，手空きとなった SE に発生する人件費(1 期分)を w_1 (RankA)， w_2 (RankB)， w_3 (RankC) とする．

表 2 チームへ割り当てる SE 構成

チーム \ SE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a_j	1	0	0	2	1	1	0	0	0
b_j	0	1	0	0	1	0	2	1	0
c_j	0	0	1	0	0	1	0	1	2

3-1. 決定変数

プロジェクト*i*をチーム*j*で行う(1)か否(0)を定数 x_{ij} で表す. RankA(B, C)の SE の τ 期において手空き人数を $S_{1\tau}(S_{2\tau}, S_{3\tau})$ で表す.

3-2. 目的関数

$$\text{maximize } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^9 r_{ij} x_{ij} - w_1 \sum_{i=1}^{23} S_{1\tau} - w_2 \sum_{i=1}^{23} S_{2\tau} - w_3 \sum_{i=1}^{23} S_{3\tau} \quad (1)$$

(1)式はプロジェクトを請けて得た売上の総和からプロジェクトに参加しなかった各 SE の人件費を差し引き, 売上を最大にする事を示している.

3-3. 制約条件

subject to

$$\sum_i \sum_j a_j x_{ij} + S_{1\tau} = \alpha (\tau = 0, \dots, 23) \quad (2)$$

$(t \in [b_i, b_i + d_{ij} - 1])$
 $r_{ij} < \infty$

$$\sum_i \sum_j b_j x_{ij} + S_{2\tau} = \beta (\tau = 0, \dots, 23) \quad (3)$$

$(t \in [b_i, b_i + d_{ij} - 1])$
 $r_{ij} < \infty$

$$\sum_i \sum_j c_j x_{ij} + S_{3\tau} = \gamma (\tau = 0, \dots, 23) \quad (4)$$

$(t \in [b_i, b_i + d_{ij} - 1])$
 $r_{ij} < \infty$

$$\sum_{j=1}^9 x_{ij} \leq 1 \quad (i = 1 \dots N) \quad (5)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \begin{pmatrix} i = 1 \dots N \\ j = 1 \dots 9 \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$S_{1t}, S_{2t}, S_{3t} \in \{0, 1, \dots, 15\} \quad (7)$$

(2)(3)(4)式は, 各 Rank の SE がその時点 τ でプロジェクトに参加している者と参加していない者Sの合計が所属している各ランク SE の人数 α, β, γ を越えない事を示している. (5)式はプロジェクト*i*は一つのチームしか入れない事を表している. (6)(7)式は 3-1 節の決定変数を表したものである.

4 求解実験

本研究では, 2009 年度に実際に A 社が請けたプロジェクト 55 件を元に作成したデータ(実験①)と同年に依頼を断ったプロジェクトを併せた計 111 件のデータ(実験②)を使い, 前節の定式化をソルバー GLPK [2]に入力し, 手空きの SE を考慮しない場合と考慮した場合で最適解を求めた. データの作成には, まずプロジェクト毎に案件 ID, 開始期間, 終了期間, 売上, RankA から RankC+C までのチームによる作業期間及びチーム毎の利益を Excel に記述してテキストファイルを作成し, Borland 社の Delphi6 [3]で作成したプログラムにより, 定式化したモデルに変換し GLPK へ受け渡すデータファイルを生成させた.

5 考察

実験結果は表 3 の通りである。稼働率は割り当てられた SE を在籍 SE で割り、その平均を平均稼働率とした。A 社の 2009 年度実績は 55 件のプロジェクトを請け、総売上は 1 億 2 百万円であった。

実験①の手空きを「考慮しない」では、2009 年度実績に比べ売上は 11%増額しているが平均稼働率は 62%と低い。これは、売上額の高い大規模システム構築を多く採択し、RankC が全期間で手空きとなった為と思われる。手空きを「考慮する」では、売上は 25%増額し平均稼働率も 84%となった。「考慮しない」に比べ、受託した件数も 45 件から 52 件と増加しており、手空きとなる SE を減らし売上を増やしている。

実験②の手空きを「考慮しない」では、売上は 75%増額し、平均稼働率 94%となった。「考慮する」では、売上は 83%増額し、平均稼働率 97%となった。実験①と比べ受託数は減少しているが、売上ならびに平均稼働率は増加している。「考慮する」ではマイナス件数も 4 件と少なく、SE を最適に割り当てた状態と思われる。

実験結果より、SE の割り当て次第では売上を更に増やす事が出来たと分かる。また、手空き SE を考慮する事で売上、平均稼働率共に更に増やす事が出来た事が分かった。

表 3 GLPK 結果

	手空き SE	受託数	売上 (単位:千円)	増額率	平均稼働率	マイナス件数
実験①	考慮しない	45 件	¥113,500	11%	62%	-
	考慮する	52 件	¥127,400	25%	84%	16
実験②	考慮しない	39 件	¥178,550	75%	94%	-
	考慮する	41 件	¥186,950	83%	97%	4

6 まとめ

本研究では予測された年間スケジュールを基に SE を割り当て、利益を最大にするモデルを考察した。このモデルにより、これまでのプロジェクト毎に SE を順次割り当てるのではなく、予測に基づき SE を割り当てる事で、売上を増加させる事が分かった。予測が正確であれば常に売上及び SE の平均稼働率を最大にする事が可能である。依頼の来た順に SE を割り当てた実績では、稼働率は 100%となっている。しかし、実験結果では稼働率を 100%にする事は出来なかった。原因としては 1 年間のスケジュールで検討した為、期間の開始と完了間際に手空き SE が出ている為である。今後は、問題を拡張し複数年に渡るスケジュールを考慮する必要があるが、これは今後の課題である。

参考文献

1. 経済産業省. 平成 21 年情報処理実態調査結果報告書.
2. GLPK スーパー簡易マニュアル. (最終閲覧日: 2010 年 12 月 24 日.)
<http://www2.ipcku.kansai-u.ac.jp/~masaara/Lab/doc/easymanual.pdf>.
3. 佐藤 親一. VB ユーザーのための Delphi6 プログラミング.