

独立行政法人情報処理推進機構 委託

2014年度ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業  
「日本のソフトウェア技術者の生産性及び処遇の向上効果研究：アジア，欧米  
諸国との国際比較分析のフレームワークを用いて」に関する成果報告書

## Appendix 2

### ISBSG データの分析による ソフトウェアプロジェクトの国別生産性比較の試み

平成 28 年 8 月

学校法人同志社 同志社大学

## 目次

1. はじめに .....	1
2. ISBSG データ .....	3
2.1 概要 .....	3
2.2 国別プロジェクト数と分布 .....	3
3. 分析方法 .....	7
3.1 比較可能工程パターンの調査 .....	7
3.2 工数の集計方法 .....	7
3.3 生産性の計算と比較方法 .....	8
4. 分析結果 .....	10
4.1 銀行業 .....	10
4.1.1 新規開発 .....	10
4.1.2 改良開発 .....	16
4.2 保険業 .....	17
4.2.1 新規開発 .....	17
4.2.2 改良開発 .....	18
4.3 通信業 .....	20
4.3.1 新規開発 .....	20
4.3.2 改良開発 .....	21
4.4 公務 .....	22
4.4.1 新規開発 .....	22
4.4.2 改良開発 .....	23
4.5 全業種の比較結果の統合 .....	23
4.5.1 30 件以上の層による比較 .....	24
4.5.2 20 件以上の層による比較 .....	24
4.5.3 10 件以上の層による比較 .....	24
4.5.4 結果の統合 .....	25
5. 考察 .....	26
5.1 各国で用いられている FP 法 .....	26
5.2 生産性への影響要因の調査 .....	26
6. まとめ .....	29

古山恒夫

## 1. はじめに

近年ソフトウェアはあらゆる分野に浸透し、その開発量も膨大なものとなっている。今後その勢いはとどまることはないと予想され、その生産性の向上は、個々のソフトウェア開発プロジェクトレベル、ベンダや顧客などの企業レベルに限らず、国家レベルでも重要な課題となっている。しかしながら、生産性の現状把握はどのレベルにおいても決して十分とは言えない。大きな理由のひとつとして、正確なプロジェクトデータが集まりにくいことがある。技術的には、収集すべきデータ項目がよくわからないこと、データ項目の定義に曖昧な部分が少なからずあること、自動収集が困難なことなどがその理由となっている。また、個々のプロジェクトにとって正確なデータを提供することによるプロジェクトへの悪影響を懸念して、データ収集に必ずしも協力的ではなくなるという社会学的な理由もある。

そうは言っても、生産性の向上にはプロジェクトレベルのミクロなレベルから国家レベルのマクロなレベルまで生産性の現状把握が必須である。国家レベルに違いがあるとすれば、国民の資質や国家レベルの施策の影響が考えられ、その原因を明らかにして改善施策を講じれば、単なるプロジェクトレベルの改善を超えて大きな効果が期待できるものと考えられる。

しかしながら、国家レベルでソフトウェアの生産性を比較できるデータは世の中にほとんど存在しない。筆者の知る限りでは ISBSG のベンチマークデータ（以下では ISBSG データと略称）だけである。一般に提供されている ISBSG データは国別の識別子を持たないが、本受託研究は、ISBSG 本部の特別な配慮により、おそらく我が国としては初めて国別識別子を有するデータの供給をうけて実施したものである。特別にデータを提供いただいた、ISBSG 本部に深謝したい。

ISBSG データは世界各国からソフトウェアの開発データを収集しているが、残念ながら次のような問題がある。

- (1) 各国のデータがどの程度国を代表できるものなのかは不明である。
- (2) 国によっては古いデータしかない場合がある。また、近年は収集データ数が頭打ち傾向にある
- (3) 属性データには、開発プロセスに関連する要因（IPA/SEC が 2004 年から継続して収集しているエンタープライズ系ソフトウェアプロジェクトデータにおける質的要因）が少なく、またテスト工程での検出バグ数のデータもなく、生産性への影響要因を詳細に調べることが困難である。

また、フィールドデータの宿命として、欠損値が多く全体に疎なデータであるため、層別分析など条件を加えて分析しようとする

- (4) 分析に耐えるほどのサンプル数が得られなくことが少なくなく、
- (5) 比較できる国が限られる

などの問題点も生ずる。

この報告書は ISBSG データを分析して国家レベルのソフトウェア生産性の比較を試みたものである。分析にあたっては、実際に細かくデータの分布を調べて、そこからサンプル数を一定量確保して明らかにできることだけを取り出す地味な作業を必要とした。上記のような問題点の影響もあり、必ずしも十分な結果が得られたわけではない。特に、2014 年度ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業「日本のソフトウェア技術者の生産性及び処

遇の向上効果研究：アジア、欧米諸国との国際比較分析のフレームワークを用いて」の比較対象国である、日本、アメリカ、ドイツ、フランス、中国のデータ数が十分ではなく、今回の分析ではこれらの国の中の生産性の比較を行うことがほとんどできなかった。

## 2. ISBSG データ

### 2.1 概要

ISBSG (International Software Benchmarking Standards Group) は 1997 年にオーストラリアソフトウェアメトリクス協会の中のグループが設立した非営利組織であり、ソフトウェアプロセスとプロダクトを改善するために IT 業界のデータを利用促進することを目的としている。

ISBSG は設立時から毎年、オーストラリア国内に限らず、欧米、アジアなど全世界から多数のプロジェクトデータを継続して収集し、ISBSG データリポジトリに蓄積している。収集データの属性数は 135、最新の版に含まれるプロジェクト数は 6,760 である。主な属性には、プロジェクトが実施された年、業界・業種、開発種別 (新規・改良など)、開発プラットフォーム、開発言語のレベル (第三世代言語、第四世代言語など)、規模 (ファンクションポイント (FP)、プログラム行数)、工数、スケジュール、品質 (出荷後の欠陥数)、アーキテクチャ、文書化・開発技術に関連する項目がある。

### 2.2 国別プロジェクト数と分布

#### (1) 開発年によるプロジェクトの分布

年次別収集プロジェクトの推移を図 1 に示す。1998 年から 2006 年まで、毎年 300~700 件近いプロジェクトのデータを収集していたが、2007 年以降は 200~300 件前後で推移している。

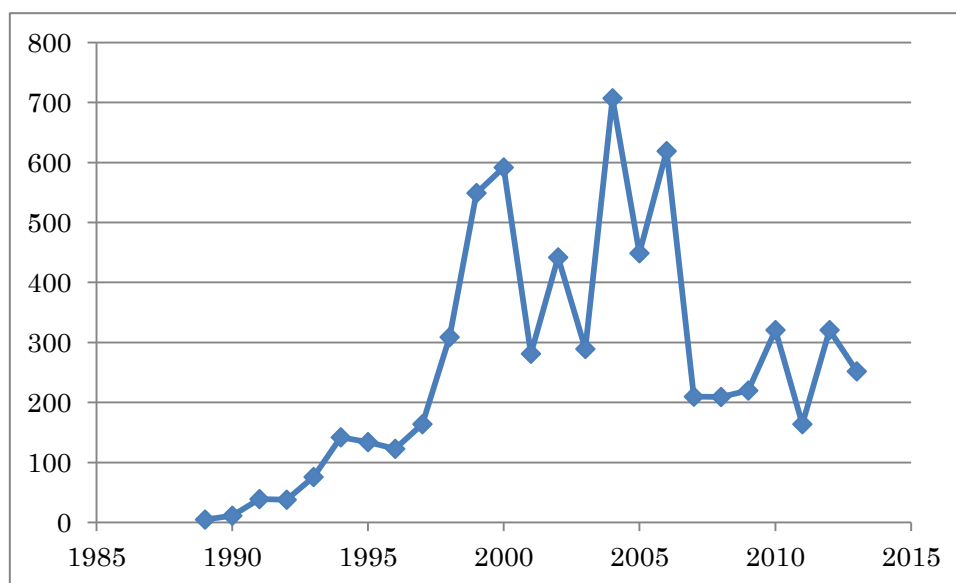


図 1 ISBSG データの年次別収集プロジェクト件数

国別の総件数と開発年によるプロジェクト数の分布を表 1-1 に示す。国別の総件数はアメリカ (米) が 2,111 件と最も多く、次いでオーストラリア (豪) 847 件、日本 841 件の順が多い。さらに、フィンランド (芬)、フランス (仏)、オランダ (蘭)、インド (印)、カナダ (加)、スペイン (西)、デンマーク (丹)、ブラジル (伯)、イギリス (英) と続く。100 件以上のプロジェクトデータがある国はこれら 12 ヶ国だけある。

表 1-1 報告プロジェクトの開発年の分布

開発年	米	豪	日	芬	仏	蘭	印	加	西	丁	伯	英	その他	合計
1988 以前	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5
1990	3	3	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	11
1991	2	32	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	39
1992	3	23	1	0	0	1	0	9	0	0	0	1	0	38
1993	6	47	0	0	0	4	0	4	0	0	0	12	3	76
1994	25	48	0	0	0	10	2	22	0	1	0	23	11	142
1995	42	45	8	0	0	8	1	29	0	0	0	0	1	134
1996	59	30	5	0	0	17	1	8	0	0	0	3	0	123
1997	37	37	41	0	0	3	1	2	0	0	0	37	6	164
1998	34	84	145	20	0	10	1	3	0	0	0	8	4	309
1999	53	147	162	75	61	9	4	18	0	0	17	1	2	549
2000	46	168	129	87	0	68	57	11	0	1	15	4	6	592
2001	13	35	152	40	0	2	3	2	0	2	20	8	4	281
2002	155	24	175	49	0	4	2	17	0	0	10	3	3	442
2003	54	35	22	76	0	54	7	4	0	12	11	12	2	289
2004	458	13	0	79	0	32	68	6	1	23	14	0	13	707
2005	156	19	0	61	0	53	103	13	0	22	0	0	22	449
2006	424	18	1	45	0	42	18	17	0	20	0	0	34	619
2007	32	17	0	38	16	41	5	2	0	33	10	0	16	210
2008	29	18	0	22	40	13	40	7	0	17	19	0	4	209
2009	1	0	0	6	114	18	10	15	0	26	22	0	8	220
2010	13	0	0	0	236	11	6	0	0	13	12	0	30	321
2011	75	0	0	0	52	17	6	6	0	0	3	1	4	164
2012	243	0	0	0	0	4	2	13	56	0	1	1	1	321
2013	148	0	0	0	0	3	1	17	82	0	0	0	1	252
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	94	0	0	0	0	94
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2111	847	841	598	519	424	338	234	233	170	154	114	177	6760

(注) 国名の略称：芬＝フィンランド、西＝スペイン、丁＝デンマーク、伯＝ブラジル

開発年によるプロジェクト数の分布パターンは国によって異なっている。

- ・アメリカとカナダは、年によって凸凹はあるものの毎年コンスタントにプロジェクトデータを提供している。
- ・フランスとスペインは最近になってプロジェクトデータの提供を始めた。

- ・ オーストラリア，日本，フィンランドは 2000 年代半ばまで多くのプロジェクトデータを提供していたが，最近はほとんどデータを提供していない。

## (2) 業種と開発種別による層別

生産性は業種や開発種別によって異なることはよく知られている。したがって生産性を比較するには，業種・開発種別で層別する必要があり，実際に分析に耐えるだけのプロジェクト数が各層で揃っているかどうかを確認する必要がある。

業種・開発種別ごとの国別プロジェクト数を表 1-2 に示す。ただし，上記のプロジェクト数のうち，生産性の計算に必要な情報が揃っているプロジェクトは限られているため，国別生産性比較に利用できるプロジェクト数はもっと少なくなる。

表 1-2 業種別・開発種別別・国別プロジェクト数

業種	開発種別	合計	米	豪	日	芬 <sup>a</sup>	仏	蘭	印	加	西	丁	伯	英	その他
銀行業	新規	262	6	5	25	45		89	33	34			3	12	10
	改良	252	5	7	77	14		98	11	32	1		1	5	1
保険業	新規	298	29		91	136	1	18	1	2				16	4
	改良	442	79		120	195		2	18	6				21	1
通信業	新規	178	10	66	12	18		32	26	6				1	7
	改良	945	232	266	14	24		97	53	3	232		9	4	11
製造業	新規	281	10	24	76	27	74		18	3			19	19	11
	改良	530	41	19	14	11	379		8			1	38	1	18
公務	新規	250	26	48	2	71		17	1	19		26	1	9	30
	改良	327	65	119		18		6		25		84		3	7
金融	新規	96	19	31	14	1		2	5	10		1	2	3	8
	改良	300	255	22	5			1	6			3	4	2	2
電子機器とコンピュータ	新規	118	19	2	12	2		2	31	20			27		3
	改良	69	2	1	4			6	8	4		2	41	1	0
医療・福祉	新規	27	3	3	10			4	4	1					2
	改良	484	478	1	2				1			1			1
サービス業	新規	122	6	6	43	4		22	12	2		12	3		12
	改良	60			11			1	7	2		32	1		6
卸売・小売業	新規	49	14	3	8	6		1	11						6
	改良	84	68		3	5			5	1					2
その他の業種	新規	144	10	33	26	4	1	11	11	28	0	0	0	0	20
	改良	74	22	7	11	1	0	7	9	16	0	1	0	0	0
記載なし	新規	423	163	52	135	1	15	1	31	1			2	15	7
	改良	825	539	121	125		26	2	7			1		1	3
すべての業種	その他	120	10	11	1	15	23	5	21	19	0	6	3	1	5
合計		6760	2111	847	841	598	519	424	338	234	233	170	154	114	177

(注) 国名の略称：芬＝フィンランド、西＝スペイン、丁＝デンマーク、伯＝ブラジル



### 3. 分析方法

#### 3.1 比較可能工程パターンの調査

ISBSG データには生産性というデータ項目があるが、その値はプロジェクトの総開発工数をソフトウェアの機能規模であるファンクションポイント (FP) 数で機械的に割って求めたものである。しかし、各プロジェクトがかかわった工程はさまざまであるため、掲載されている生産性の精度は低く、それをそのまま比較することはできない。国別の生産性を比較するには、業種・開発種別だけでなく、各プロジェクトがかかわった工程 (工程パターン) も揃えて工数を集計し、その工数と開発すべき FP 数から生産性を比較する必要がある。

6 種類の工程があるので、可能な工程パターンは  $2^6 - 1 = 63$  ある。実際に ISBSG データリポジトリに含まれる工程パターンも少なくとも 20 パターン以上ある。国別の生産性を比較するためには、業種や開発種別だけでなく、国同士で同一の工程パターンを探してそれぞれ十分なプロジェクト数があるかどうかを調べる必要がある。

#### 3.2 工数の集計方法

工数に関するデータ項目には次のものがある。

- 工程ごとの工数

工程としては、計画 (Plan:P と略称, 以下同様)、仕様化 (要求定義) (Specify:S)、設計 (Design:S)、製造 (Build:B)、試験 (Test:T)、設置 (Implement:I) の 6 つがあるが、そのどれにも入らない Unrecorded というデータ項目もある。

- 総工数 (Summary Work Effort)

Unrecorded を含めた工程ごとの工数の総和を示す。プロジェクトに関わった工程の範囲を示す Project Activity Scope というデータ項目があるので、これと総工数とを組み合わせることにより、総工数からもある特定の工程パターンの工数を得ることができる。

工数と Project Activity Scope の記載パターンとそのパターンに属するプロジェクト数を表 2 に示す。タイプ 5~8 に属するプロジェクトは、工数または工程のいずれかが不明なため、工程パターンごとの工数を求めることができない。

分析対象とすべき工数は次の順序で求めることにする。

- ① 工程別工数の記載があり、Unrecorded 工数は空欄 (タイプ 1)

==> 対象工程は工数の記載のある工程パターンとし、工数は各工程の工数の和とする。

- ② 工程別工数は空欄であるが Unrecorded 工数と Project Activity Scope の記載がある (タイプ 2)

==> 対象工程は Project Activity Scope 記載の工程パターンとし、工数は Unrecorded 工数とする。

- ③ 工程別工数, Unrecorded 工数ともに空欄であるが、総工数と Project Activity Scope が記載 (タイプ 4)

==> 対象工程は Project Activity Scope 記載の工程パターンとし、工数は総工数とする。

- ④ 工程別工数, Unrecorded 工数ともに記載がある (タイプ 3)  
 ==>対象工程は工数の記載のある工程パターンとし, 工数は各工程の工数および Unrecorded 工数の和とする. ただし, Unrecorded 工数が工程別工数に比べて大きい場合は, 対象工程以外の工数が多く含まれることになることに注意が必要である. 今回の分析では, Unrecorded 工数<3 (人時) の制限を加える.

表 2 工数の記載パターン

タイプ	工程別工数	Project activity scope	Unrecorded 工数	総工数	プロジェクト数	記事
1	あり	-	なし	-	1,518	
2	なし	あり	あり	-	1,506	
3	あり	-	あり	-	848	
4	なし	あり	なし	あり	670	
5	なし	あり	なし	なし	0	工数不明
6	なし	なし	あり	-	2,042	工程不明
7	なし	なし	なし	あり	158	工程不明
8	なし	なし	なし	なし	18	工数・工程ともに不明

(注) “-”印は記載の有無によらず, 工程パターンごとの工数が求まることを表す.

### 3.3 生産性の計算と比較方法

#### (1) 生産性の定義

生産性には, 規模/工数で求める方法とその逆数である工数/規模で求める方法がある. 直観的には規模/工数の方がわかりやすいようであるが, 規模が説明変数, 工数が目的変数であることから, ここでは, 生産性=工数/規模とする. 規模としては機能規模 (FP) の量 (FP 数, 単に FP と呼ばれることも多い) とプログラム行数が代表的なものであるが, ここでは ISBSG が規模の測定量として重要視し, 積極的にデータを収集している FP を用いる. FP には, 対象とするソフトウェアが扱うデータの量と複雑さから計算される未調整 FP と, 未調整 FP にソフトウェアの諸特性 (リアルタイム処理か, 複数サイトか, など) を掛けた調整済 FP の 2 種類があるが, 今回の分析では, 諸特性の生産性への影響も分析目的のひとつであることから, 規模としては未調整 FP を用いる. 以下では未調整 FP を単に FP と記述する.

#### (2) 生産性の比較方法

- ・すべてのプロジェクトの生産性=工数/規模を求める.
- ・各国の生産性に差があるか否かを検定する.

ただし, 規模, 工数ともに対数正規分布に従うことから, その比である生産性も対数正規分布に従うので, log 生産性に対して平均値の差の検定 (t 検定) を行う. t 検定は最近の潮流に従って等分散の検定を省略する Welch の検定を用いる.

この方法は規模に関する情報がなくなってしまうという欠点がある。一般に小規模プロジェクトの方が大規模プロジェクトに比べて生産性が高いがばらつきも大きい。そこで、小規模プロジェクトの影響を排除するために次の条件を加える

- ・基本的に 100FP 以上のプロジェクトのみを比較対象とする。

(注) 規模情報を残したまま生産性の比較分析を行うには、工数を目的変数、規模を説明変数として回帰分析を行い、得られた係数と定数項から比較するのが一般的である。ただし、規模、工数ともに回帰分析を行う前に、規模、工数ともに対数化した値を求めておく必要がある。係数は普通 1 よりもわずかに大きな値、例えば 1.05 や 1.15 などの値となる。これは、工数は規模にほぼ比例するが規模が大きくなるに従って作るのが少しずつ難しくなることを表しており、開発者の経験則と一致する。係数が等しい場合は定数項の差が生産性の差となる。

しかし、ISBSG データの予備分析では、業種別・開発種別別に層別した国別データで回帰分析を行ったところ、係数が 0.6 や 0.7 など 1 よりもかなり小さいものが頻出した。これはこれまでの分析経験からみても異常であり、業種・開発種別・国以外の異なる側面をもつプロジェクトが混在していることを示唆している。このことから今回は回帰分析で生産性を比較することは行わない。

## 4. 分析結果

本章では業種別、開発種別別に基本統計量と国別の生産性の比較を行う。ただし、業種・開発種別・国別で層別した場合に10件以上のデータが複数個存在しないものは除く。基本統計量としては、生産性の平均値の差の検定が行えるようにデータ数、生産性の平均値と分散を表で示す。平均値の差の検定はすべてWelchの検定法を適用する。生産性の単位は $\log(\text{工数(人時)}/\text{FP}) = \log(\text{工数(人時)}) - \log(\text{FP})$ である。

表の対象工程欄の英大文字の記号は3.2で述べたようにそれぞれ次の工程を表す。

P：計画，S：仕様化（要求定義），D：設計，B：製造，T：試験，I：設置

### 4.1 銀行業

#### 4.1.1 新規開発

##### (1) 基本統計量

基本統計量を表4-1-1と表4-1-2に示す。欠損値の推定を行わなくてもフィンランド、インド、カナダ、オランダ4か国間の比較ができる。日本とイギリスもこれら4か国のうちのカナダ及びインドと個別に比較できるが、日本とイギリスの比較は欠損値の推定を行わないとできない。

100FP以上のプロジェクトに絞った場合はインドのプロジェクト数がP+S+B+Tの工程パターン、P+S+B+Iの工程パターンでいずれも10件未満となり比較の信頼性が低下する。

表 4-1-1 生産性（銀行業，新規開発，全体）

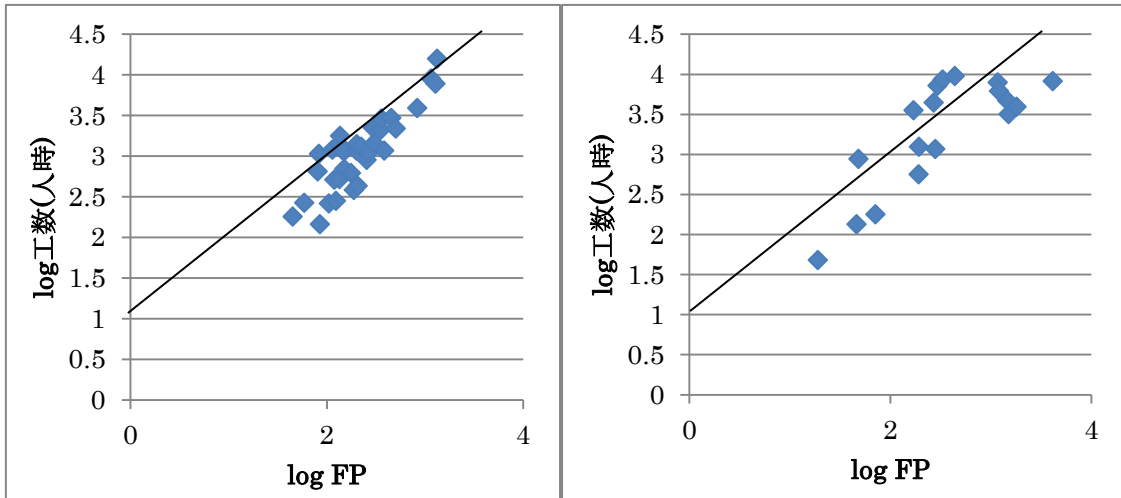
項目	対象工程	フィンランド	インド	カナダ	日本	オランダ	イギリス
データ数	B+T	33	23	30		74	
	D+B+T	33	18			66	
	P+S+B+T		12	26	15		
	P+S+B+I		12	26			12
平均	B+T	0.511	0.754	0.875		1.184	
	D+B+T	0.713	0.785			1.317	
	P+S+B+T		0.802	1.013	1.077		
	P+S+B+I		0.603	1.002			1.216
分散	B+T	0.115	0.192	0.069		0.132	
	D+B+T	0.056	0.178			0.117	
	P+S+B+T		0.200	0.042	0.159		
	P+S+B+I		0.141	0.048			0.041

表 4-1-2 生産性（銀行業，新規開発，100FP 以上）

項目	対象工程	フィン ランド	インド	カナダ	日本	オラン ダ	イギリ ス
データ数	B+T	28	19	24		38	
	D+B+T	28	14			33	
	P+S+B+T			20	10		
	P+S+B+I			20			12
平均	B+T	0.506	0.794	0.859		1.038	
	D+B+T	0.715	0.829			1.156	
	P+S+B+T			0.980	1.146		
	P+S+B+I			0.972			1.216
分散	B+T	0.123	0.193	0.080		0.078	
	D+B+T	0.050	0.182			0.077	
	P+S+B+T			0.045	0.124		
	P+S+B+I			0.053			0.041

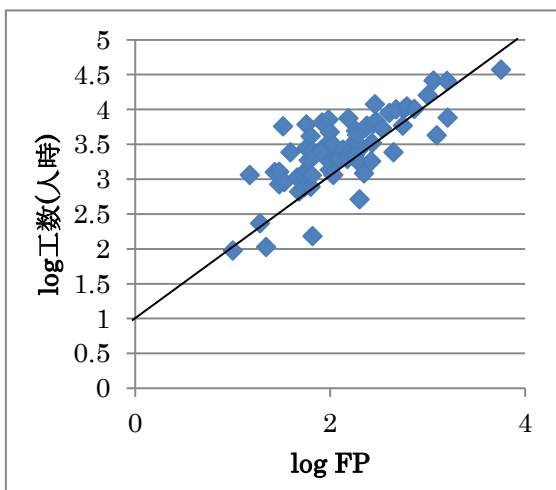
## (2) 散布図による可視化

生産性の比較結果をより直観的に理解しやすくするために、D+B+T 工程におけるフィンランド、インド、オランダの log FP と log 工数（人時）の散布図を [図 1](#) に示す。散布図上の直線は生産性 1FP あたり 10 人時の位置を表す。直線は IPA/SEC データの層別前の生産性の中央値（対数化した場合の平均値）がほぼ 0.1（FP/人時）であることを参考に引いたものであるが、実際に散布図を描いてみると多くのグラフで点の集合がこの直線を中心に上下する。なお、規模が分母となっているので、直線より上に行けばいくほど生産性が低いことを示している。



(a) フィンランド

(b) インド



(c) オランダ

図1 銀行業・新規開発の規模と工数の散布図

### (3) 国別生産性の比較

国別生産性の比較を表 4-1-4 と表 4-1-5 に示す。全体の比較結果と 100FP 以上に絞り込んだ比較結果を比べると、全体の比較結果では、カナダと日本に差はないが、100FP 以上ではカナダが日本より生産性が高い傾向がみてとれる。

表 4-1-4 と表 4-1-5 からでは、オランダ、日本、イギリスの間の生産性の優劣はわからない。

表 4-1-4 生産性の比較（銀行業，新規開発，全体）

対象工程	フィン ランド	≦	インド	=	カナダ	<	オランダ
B+T	0.511	< (0.031 )	0.754	= (0.249 )	0.875	< (0.000)	1.184
D+B+T	0.713	= (0.507 )	0.785	< (0.000)			1.317
対象工程			インド	≦	カナダ	=	日本
P+S+B+T			0.802	≦ (0.143 )	1.013	= (0.572)	1.077
対象工程			インド	<	カナダ	<	イギリス
P+S+B+I			0.603	< (0.004 )	1.002	< (0.007)	1.216

(注)等号・不等号の下の括弧内は平均値の差の検定における p 値

表 4-1-5 生産性の比較（銀行業，新規開発，100FP 以上）

対象工程	フィン ランド	≦	インド	=	カナダ	<	オランダ
B+T	0.506	< (0.023)	0.794	= (0.582)	0.859	< (0.019)	1.038
D+B+T	0.715	= (0.362)	0.829	< (0.017)			1.156
対象工程					カナダ	≦	日本
P+S+B+T					0.980	≦ (0.196)	1.146
対象工程					カナダ	<	イギリス
P+S+B+I					0.972	< (0.004)	1.216

(注)等号・不等号の下の括弧内は平均値の差の検定における p 値

#### (4) 国別生産性の比較（欠損値を推定した場合）

日本，イギリス共に D+B+T（基本 3 工程）又は／及び B+T におけるデータ数，平均，分散をうまく推定することができれば，オランダ，日本，イギリス同士の比較を行うことができる。日本，イギリスいずれも分析結果は 1 組のデータしかないのので，ここでは次のような考

えに基づいて推定を行う。

- ① 平均値は、他の国の工程別工数比率に準じて推定した工数に基づいて推定する。工程パターンと国別の生産性が表 4-1-6 に示すような関係、すなわち 4 つの生産性のうち 3 つが既知でひとつだけが未知の場合、未知の生産性 X を既知の 3 つの生産性の値から次の式に従って推定する。

表 4-1-6 工程パターンと国別生産性の関係

	甲国	乙国
工程パターン α	生産性：A	生産性：B
工程パターン β	生産性：C	推定値 X

$$X=B+(C-A)$$

4 つの組み合わせがとれる組合せが複数個ある場合は各組ごとに X を求め、それらの相加平均を推定値とする。なお、同一国の各業種の工程別工数比率に準じて推定した工数に基づくという方法もあるが今回は採用しない。

- ② データ数は、基本的に既に得られているデータ数を推定値とする。例えば日本は 15 とする。これは実際に分析対象とした 15 プロジェクトが他の工程パターンで作業を行った場合の生産性＝工数／FP を推定することを意味する。

カナダの D+B+T 工程の生産性を推定する場合のように、平均値を推定するのに複数の組合せを利用する場合には、利用した各工程パターンのデータ数の重み付き平均をとる。

- ③ 分散は、既に得られている分散（日本の場合は 0.159）の 1～2 倍の範囲であると仮定する。1 倍というのは推定すべき工程パターンの工数が既に得られている工程パターンの工数の定数倍（推定工程パターンと推定の元となる工程パターンの工数比率が一定）の場合であり、2 倍というのは推定すべき工程パターンの工数と既に得られている工程パターンの工数が独立な場合である（ここでは、推定すべき工程パターンで新たに追加された工程分の分散が既に得られている工程分の分散と等しいという仮定が入っている）。

①～③に基づいて欠損値を推定することにより、オランダ、日本、イギリスを含めた生産性を比較した結果を表 4-1-7 と表 4-1-8 に示す。

100FP 以上のプロジェクトで比較すると

フィンランド ≤ インド ≤ カナダ ≤ 日本 = オランダ < イギリス  
の順で FP 当りの工数が低い（生産性が高い）。



表 4-1-7 生産性の比較（銀行業，新規開発，全体）：欠損値の推定を含む

対象工程	フィンランド	≦	インド	≦	カナダ	=	日本	≦	オランダ	=	イギリス
B+T	0.511	< (0.031)	0.754	= (0.249)	0.875	= (0.351 <)	0.984	≦ (0.090 ~ 0.207)	1.184	= (0.539 <)	1.229
D+B+T	0.713	= (0.507)	0.785				1.060	< (0.033 ~ 0.110)	1.317	= (0.268 ~ 0.392)	1.399
P+S+B+T			0.802	≦ (0.143)	1.013	= (0.572)	1.077	< (0.065 ~ 0.079)	1.296		
P+S+B+I			0.603	< (0.004)	1.002				1.159	= (0.535 <)	1.216

(注) 茶色の網掛けは推定値. 等号・不等号の下の括弧内は平均値の差の検定における p 値

表 4-1-8 生産性の比較（銀行業，新規開発，100FP 以上）：欠損値の推定を含む

対象工程	フィンランド	≦	インド	≦	カナダ	≦	日本	=	オランダ	<	イギリス
B+T	0.506	< (0.023)	0.794	= (0.582)	0.859	≦ (0.127 ~ 0.250)	1.062	= (0.842 <)	1.038	< (0.008 ~ 0.037)	1.252
D+B+T	0.715	= (0.362)	0.829				1.135	= (0.863 <)	1.156	< (0.011 ~ 0.009)	1.436
P+S+B+T					0.980	≦ (0.196)	1.146	= (0.941 <)	1.137		
P+S+B+I					0.972				0.980	< (0.004 ~ 0.011)	1.216

(注) 茶色の網掛けは推定値. 等号・不等号の下の括弧内は平均値の差の検定における p 値

## 4.1.2 改良開発

### (1) 基本統計量

基本統計量を表 4-1-9 に示す。生産性の比較ができるのは、全体ではフィンランド、カナダ、オランダである。しかし、D+B+T のカナダの生産性の平均値が 0.350 と異常に低い値なので全体の分析のときはこの値を無視する。100FP 以上では、フィンランドとオランダである。

表 4-1-9 生産性（銀行業，改良開発）

項目	対象工程	全体				100FP 以上		
		フィンランド	日本	カナダ	オランダ	フィンランド	日本	オランダ
データ数	B+T	12			84	11		48
	D+B+T	12		33	73	11		40
	P+S+B		12					
	P+S+B+T		42				18	
平均	B+T	0.423			1.256	0.398		1.102
	D+B+T	0.539		0.350	1.398	0.520		1.237
	P+S+B		0.889					
	P+S+B+T		0.920				0.641	
分散	B+T	0.102			0.152	0.104		0.125
	D+B+T	0.074		0.015	0.149	0.077		0.124
	P+S+B		0.251					
	P+S+B+T		0.193				0.123	

100FP 以上に絞り込む（表 4-1-9）と、カナダのプロジェクト件数がどの工程パターンでも 4 件以下となり、意味のある比較ができるとは思えない。日本の間接比較も困難になり、フィンランドとオランダの比較が多少なりとも意味を見出すことができる。

## (2) 国別生産性の比較

国別生産性の比較を表 4-1-10 に示す。全体、100FP 以上いずれの場合も

・フィンランド<オランダ

である。

表 4-1-10 生産性の比較（銀行業，改良開発）

規模制限	対象工程	フィンランド	<	オランダ
なし（全体）	B+T	0.423	< (0.000)	1.256
	D+B+T	0.539	< (0.000)	1.398
100FP 以上	B+T	0.398	< (0.000)	1.102
	D+B+T	0.520	< (0.000)	1.237

## 4.2 保険業

### 4.2.1 新規開発

#### (1) 基本統計量

基本統計量を表 4-2-1 に示す。フィンランドとオランダ、及びイギリス、日本、アメリカの2つのグループに分かれている。これら2つのグループ間では対象工程が2つ以上異なるので比較は難しい。また、後者のグループでは、共通の対象工程である P+S+B+T+I でイギリスと日本のプロジェクト件数が全体及び 100FP 以上のプロジェクトでいずれも 10 件未満であるため比較が難しい。

日本は P+S+B, P+S+B+T, P+S+B+T+I と新たに工程を加えるほど生産性が高くなる（それぞれのプロジェクト集合は異なる）という問題がみられる。59 件のデータが揃っている P+S+B+T の工程パターンの基本統計量が最も信頼できるが、この工程パターンのデータは日本しかなく比較に用いることができない。

なお、すべての層で 100FP 以上に絞り込んだ方が、生産性が高くなる点は興味深い。

表 4-2-1 生産性（保険業，新規開発）

項目	対象工程	全体				100FP 以上			
		フィン ランド	オラ ンダ	日本	アメ リカ	フィン ランド	オラ ンダ	日本	アメ リカ
データ数	B+T	37	14			30	12		
	D+B+T	26				21			
	P+S+B			12					
	P+S+B+T			59				44	
	P+S+B+T+I				24				21
平均	B+T	0.646	0.924			0.617	0.868		
	D+B+T	0.760				0.724			
	P+S+B			1.448					
	P+S+B+T			1.221				1.158	
	P+S+B+T+I				0.979				0.906
分散	B+T	0.116	0.087			0.126	0.055		
	D+B+T	0.132				0.152			
	P+S+B			0.219					
	P+S+B+T			0.121				0.106	
	P+S+B+T+I				0.176				0.156

## (2) 国別生産性の比較

国別生産性の比較結果を表 4-2-2 に示す。全体，100FP 以上いずれの場合も

- ・フィンランド<オランダ

である。

表 4-2-2 生産性の比較（保険業，新規開発）

規模制限	対象工程	フィン ランド	<	オランダ
なし（全 体）	B+T	0.646	< (0.008)	0.924
100FP 以上	B+T	0.617	< (0.012)	0.868

## 4.2.2 改良開発

### (1) 基本統計量

基本統計量を表 4-2-3 に示す。アメリカ，イギリス，日本の3か国同士の比較が可能である。100FP 以上のプロジェクトに絞った場合も同様である。フィンランドには全体で 58 件，

100FP 以上で 24 件の D+B+T (基本 3 工程) のデータがあるが、この工程パターンのデータが揃っている国は外になく、フィンランドは他の国と比較することができない。

表 4-2-3 生産性 (保険業, 改良開発)

項目	対象工程	全体				100FP 以上			
		フィンランド	アメリカ	イギリス	日本	フィンランド	アメリカ	イギリス	日本
データ数	D+B+T	58				24			
	P+S+B+T				82				68
	P+S+B+T+I		77	18	27		69	15	22
平均	D+B+T	0.834				0.807			
	P+S+B+T				1.158				1.121
	P+S+B+T+I		0.606	0.899	1.073		0.560	0.921	1.030
分散	D+B+T	0.055				0.043			
	P+S+B+T				0.235				0.208
	P+S+B+T+I		0.385	0.148	0.118		0.407	0.132	0.123

日本は新規開発の場合と同様に P+S+B+T の生産性の方が P+S+B+T+I の生産性より高いという矛盾がみられる。イギリス以外は新規開発の場合と同様に 100FP 以上の方が全体よりも生産性が高い。

## (2) 国別生産性の比較

国別生産性の比較結果を表 4-2-4 に示す。フィンランドは孤立データのため比較できない。

表 4-2-4 生産性の比較 (保険業, 改良開発)

規模制限	対象工程	アメリカ		イギリス		日本
なし (全体)	P+S+B+T+I	0.606	< (0.015 )	0.899	≤ (0.131 )	1.073
100FP 以上	P+S+B+T+I	0.560	< (0.005 )	0.921	= (0.372 )	1.030

全体では、

- ・アメリカ < イギリス ≤ 日本

100FP 以上では

- ・アメリカ < イギリス = 日本

となっている。

### 4.3 通信業

#### 4.3.1 新規開発

##### (1) 基本統計量

基本統計量を表 4-3-1 に示す。フィンランド、オーストラリア、オランダの 3 か国比較ができる。100FP 以上のプロジェクトではフィンランドのデータ数が 7 件と少なくなり、オーストラリアとオランダだけの比較しかできない。

表 4-3-1 生産性（通信業，新規開発）

項目	対象工程	全体			100FP 以上	
		フィンランド	オーストラリア	オランダ	オーストラリア	オランダ
データ数	B+T	10	41	19	36	14
	D+B+T			10		
	S+B+T		60		52	
平均	B+T	0.602	0.732	0.798	0.727	0.761
	D+B+T			0.881		
	S+B+T		0.850		0.837	
分散	B+T	0.316	0.167	0.118	0.173	0.102
	D+B+T			0.138		
	S+B+T		0.164		0.168	

##### (2) 国別生産性の比較

国別生産性の比較結果を表 4-3-2 に示す。全体では、

- ・フィンランド＝オーストラリア＝オランダ

100FP 以上では

- ・オーストラリア＝オランダ

である。

表 4-3-2 生産性の比較（通信業，新規開発）

規模制限	対象工程	フィンランド	=	オーストラリア	=	オランダ
なし (全体)	B+T	0.602	= (0.505)	0.732	= (0.517)	0.798
			= (0.333)			
100FP以上				0.727	= (0.753)	0.761

### 4.3.2 改良開発

#### (1) 基本統計量

基本統計量を表 4-3-3 に示す。インド，オランダ，オーストラリアの 3 か国の比較ができる。フィンランドは全体で 7 件，100FP 以上で 5 件のデータしかないので，これら 3 か国との比較は難しい。

表 4-3-3 生産性（通信業，改良開発）

項目	対象工程	全体			100FP 以上		
		インド	オランダ	オーストラリア	インド	オランダ	オーストラリア
データ数	B+T	27	54	147	23	36	88
	D+B+T	30	37		26	29	
	S+B+T			202			122
平均	B+T	0.658	0.763	0.904	0.579	0.669	0.797
	D+B+T	0.829	0.746		0.764	0.711	
	S+B+T			0.996			0.922
分散	B+T	0.122	0.166	0.150	0.086	0.141	0.123
	D+B+T	0.130	0.119		0.107	0.110	
	S+B+T			0.171			0.139

#### (2) 国別生産性の比較

国別生産性の比較結果を表 4-4-4 に示す。全体，100FP 以上いずれの場合も

- ・インド＝オランダ＜オーストラリア

となる。

表 4-4-4 生産性の比較（通信業，改良開発）

規模制限	対象工程	インド	=	オランダ	<	オーストラリア
なし（全体）	B+T	0.658	= (0.231)	0.763	< (0.031)	0.904
	D+B+T	0.829	= (0.341)	0.746		
100FP以上	B+T	0.579	= (0.309)	0.669	< (0.085)	0.797
	D+B+T	0.764	= (0.554)	0.711		

#### 4.4 公務

##### 4.4.1 新規開発

###### (1) 基本統計量

基本統計量を表 4-4-1 に示す。

表 4-4-1 生産性（公務，新規開発）

項目	対象工程	全体		100FP以上	
		フィンランド	デンマーク	フィンランド	デンマーク
データ数	D+B+T	30		29	
	P+S+D+B+T+I		17		17
平均	D+B+T	0.622		0.614	
	P+S+D+B+T+I		1.204		1.204
分散	D+B+T	0.087		0.088	
	P+S+D+B+T+I		0.132		0.132

###### (2) 国別生産性の比較

いずれの工程パターンでも国別に対応するデータがないので比較できない。



## 4.4.2 改良開発

### (1) 基本統計量

基本統計量を表 4-4-2 に示す。デンマーク、オーストラリア、カナダの 3 ヶ国で生産性の比較ができる。フィンランドはオーストラリアとの参考比較ができる。100FP 以上のプロジェクトでも同様である。

表 4-4-2 生産性（公務，改良開発）

項目	対象工程	全体			100FP 以上		
		デンマーク	オーストラリア	カナダ	デンマーク	オーストラリア	カナダ
データ数	B+T		85			46	
	D+B+T		61			33	
	P+S+D+B+T+I	55	17	24	49	12	23
平均	B+T		0.961			0.838	
	D+B+T		1.109			1.023	
	P+S+D+B+T+I	1.083	1.153	1.537	1.067	1.115	1.510
分散	B+T		0.146			0.118	
	D+B+T		0.100			0.079	
	P+S+D+B+T+I	0.084	0.061	0.061	0.087	0.068	0.047

### (2) 国別生産性の比較

国別生産性の比較を表 4-4-3 に示す。全体、100FP 以上ともに

- ・デンマーク＝オーストラリア<カナダ

である。

表 4-4-3 生産性の比較（公務，改良開発）

	対象工程	デンマーク	=	オーストラリア	<	カナダ
なし (全体)	P+S+D+B+T+I	1.083	= (0.334)	1.153	< (0.000)	1.537
100FP 以上	P+S+D+B+T+I	1.067	= (0.582)	1.115	< (0.000)	1.510

## 4.5 全業種の比較結果の統合

4. 1～4. 4 までの比較結果を次にまとめて示す。ただし、全体のプロジェクトではなく 100FP 以上のプロジェクトに絞った場合の分析結果を示す。ただし、「X 国<Y 国」は

X国の方がY国よりFP規模あたりの工数が小さい、すなわちX国の方がY国より生産性が高いことを示す。

#### 4.5.1 30件以上の層による比較

30件以上のプロジェクトが揃っている層だけで比較した結果を次に示す。

##### (1) 新規開発

なし

##### (2) 改良開発

・通信業

オランダ<オーストラリア

#### 4.5.2 20件以上の層による比較

20件以上のプロジェクトが揃っている層だけで比較した結果を次に示す。

##### (1) 新規開発

・銀行業

フィンランド<カナダ<オランダ

##### (2) 改良開発

・保険業

アメリカ<日本

・通信業

インド=オランダ<オーストラリア

・公務

デンマーク<カナダ

#### 4.5.3 10件以上の層による比較

10件以上のプロジェクトが揃っている層だけで比較した結果を次に示す。

##### (1) 新規開発

・銀行業

フィンランド $\leq$ インド $\leq$ カナダ $\leq$ 日本=オランダ<イギリス

・保険業

フィンランド $\leq$ オランダ

・通信業

オーストラリア=オランダ

##### (2) 改良開発

・銀行業

フィンランド<オランダ

・保険業

アメリカ<イギリス=日本

・通信業

インド=オランダ<オーストラリア

・公務

デンマーク＝オーストラリア＜カナダ

#### 4.5.4 結果の統合

業種を通して生産性を比較した結果を表 4-5-1（新規開発）と表 4-5-2（改良開発）に示す。新規開発，改良開発ともにフィンランドの生産性が高い。

表 4-5-1 国別生産性の比較のまとめ（新規開発：10 プロジェクト以上）

銀行	芬	≦	印	≦	加	≦	日	=	蘭	<	英
保険	芬	≦						蘭			
通信								豪	=	蘭	

（注）芬＝フィンランド

表 4-5-2 国別生産性の比較のまとめ（改良開発：10 プロジェクト以上）

銀行	芬	<	蘭								
通信		印	=	蘭	≦	豪					
公務					丁	=	豪	<	加		
保険			米	<	英	=	日				

（注）芬＝フィンランド，丁＝デンマーク

## 5. 考察

### 5.1 各国で用いられている FP 法

各国で用いられている FP 法を表 5-1 に示す。IFPUG 法が主流であるが、カナダでは IFPUG 法と COSMIC 法が、オランダでは NESMA 法と COSMIC 法が、フィンランドでは FiSMA 法が使われている。イギリスでは IFPUG 法が半分で残りを COSMIC 法と Mark II 法が分け合っている。

NESMA 法は、開発の早期に FP を求めることができるように IFPUG 法の一部のパラメータを固定したものであり、その意味では IFPUG 法の範疇に入る。

COSMIC 法は組込みソフトを対象とするために計測対象にメモリへの書き込みやメモリからの読込が含まれている点で IFPUG 法と少し異なる。

FP を求めるためにデータ項目を計測するという FP 計測の考え方は、FiSMA 法も IFPUG 法と同様であるが、実際の計測対象は IFPUG 法が入出力データ数はファイル数であるのに対して FiSMA 法では GUI 画面のボタンやアイコン、メニューなどであるという点で異なる [3]。

同一のシステムを 4 つの FP 法で測定するとそれぞれ FP の値は異なる。しかし、あるシステムに対してある FP 法は 25%程度小さな値を示しても、他のシステムに対しては逆に 20%程度大きな値を示す [4] [5] など、特定の FP 法が常に大きな値又は小さな値を示すことなさそうで、平均的には各 FP 法間で値に大きな差があるとは言えない。

表 5-1 各国で利用している FP 法

国名	利用している FP 法					
	IFPUG	NESMA	COSMIC	FiSMA	Mark II	その他
スペイン	100%	-	-	-	-	-
日本	100%	-	-	-	-	0%
アメリカ	100%	-	0%	-	-	0%
デンマーク	99%	-	1%	-	-	-
オーストラリア	97%	-	0%	-	-	3%
フランス	90%	-	10%	-	-	-
ブラジル	81%	-	-	-	-	19%
インド	59%	1%	9%	-	-	31%
イギリス	49%	-	20%	-	31%	-
カナダ	47%	-	53%	-	-	-
オランダ	9%	43%	47%	-	0%	3
フィンランド	-	-	3%	97%	-	-

### 5.2 生産性への影響要因の調査

国によって生産性に差があり、特にフィンランドが新規開発、改良開発ともに生産性が高い傾向がみられたので、次の要因について影響の有無を調査した。

- CMM 等への意識
- CASE ツールの利用
- 開発方法論の利用
- 開発プラットフォーム種別
- 開発言語タイプ

各国の開発習慣は業種や開発種別には依存しない可能性があるので、特に層別はしなかった。それぞれの項目の分析結果を表 5-2 に示す。

フィンランドについて特徴的なことを次に示す。

- CMM 等への意識は回答状況から見る限り高くない (CMM のデータを収集しているのはインドだけ、CMMI のデータを収集しているのはインドとオランダだけである)。
- CASE ツールを「利用している」という回答は 15%で、オーストラリアの 20%、カナダの 26%、イギリスの 31%より低いが、「利用していない」という回答がゼロで、オーストラリアの 24%、カナダの 38%、イギリスの 27%に比べて際立っている。このことから、CASE ツール利用の有無が生産性の差と結びついている可能性がある。
- 開発方法論 (Methodology) を「利用している」という回答がデンマークとともに 99%で際立って高い。開発方法論の利用がフィンランドの生産性を高めている可能性がある。
- 利用プラットフォームの種別では、複数利用 (Multi) の比率 (30%) とメインフレーム (MF) の利用率 (41%) の両方が高い。デンマークとアメリカは Multi のみ、オーストラリア、カナダ、オランダ、イギリスはメインフレームのみ比率が高い。ただし、これだけからは利用プラットフォームが生産性に影響を与え難く、今後の課題である。
- 開発言語の種別では ApG (アプリケーションジェネレータ) の利用比率が、イギリスの 18%、オーストラリアの 9%、オランダの 9%には及ばないものの 5%ある。いずれの国も最も利用比率の高いのが 3GL でことからも、開発言語タイプは生産性の影響要因の候補とは思えない。

表 5-2 各国のプロジェクトの特徴

項目		豪	加	丁	芬	印	日	蘭	英	米
全プロジェクト数		847	234	170	598	338	841	424	114	2111
CMM 等への 関心	CMM 報告数	0 0%	0 0%	4 2%	0 0%	59 17%	1 0%	0 0%	0 0%	62 3%
	CMMI 報告数	0 0%	2 1%	66 39%	0 0%	71 21%	0 0%	182 43%	2 2%	0 0%
CASE Tool Used	Yes	169 20%	61 26%	15 9%	91 15%	30 9%	112 13%	34 8%	35 31%	70 3%
	No	207 24%	90 38%	75 44%	0 0%	45 13%	538 64%	48 11%	31 27%	55 3%
Methodology Used	Yes	583 69%	154 66%	169 99%	592 99%	101 30%	35 4%	128 30%	87 76%	1333 63%
	No	90 11%	22 9%	1 1%	0 0%	40 12%	17 2%	13 3%	4 4%	31 1%
Platform	PC	110 13%	90 38%	24 14%	77 13%	156 46%	82 10%	121 29%	21 18%	110 5%
	MF	364 43%	82 35%	30 18%	246 41%	64 19%	212 25%	235 55%	59 52%	372 18%
	MR	154 18%	11 5%	0 0%	66 11%	38 11%	65 8%	17 4%	26 23%	26 1%
	Multi	16 2%	47 20%	116 68%	182 30%	58 17%	218 26%	45 11%	0 0%	722 34%
開発言語	3GL	388 46%	175 75%	118 69%	455 76%	228 67%	448 53%	259 61%	54 47%	853 40%
	4GL	333 39%	35 15%	49 29%	107 18%	85 25%	196 23%	123 29%	26 23%	605 29%
	ApG	78 9%	2 1%	1 1%	28 5%	0 0%	0 0%	39 9%	20 18%	6 0%

(注) 国名の略称：芬=フィンランド，西=スペイン，丁=デンマーク，伯=ブラジル

## 6. まとめ

ISBSG データリポジトリに含まれる 6,760 件のプロジェクトのデータをもとに、各国の生産性の比較を試みた。ISBSG データリポジトリには、既に生産性に関するデータ項目があるが、このデータ項目の数値は単純に工数を FP で割ったものであり、どの範囲の工程での工数であるかは考慮されていない。したがって、プロジェクトが関与した工程が少ない場合は工数も少なくなり、見かけ上の生産性が高くなってしまう。これを避けるために、今回は同じ工程に携わったプロジェクト同士で比較を試みた。

一方、工程が同じでも、業種が異なる場合、開発種別（新規開発か改良開発か）が異なる場合は生産性が異なることが知られている。そのため、業種と開発種別で層別することも必要となる。これらの層別と同一工程という条件のもとでは、比較できるプロジェクト数は限られたものとなった。

各層に含まれるプロジェクト数を 30 件以上に制限した場合は、国別生産性を比較することはほとんどできない。20 件以上に制限した場合も比較できる業種と開発種別は限られている。10 件以上という制限の場合は、銀行業・新規開発で

フィンランド $\leq$ インド $\leq$ カナダ $\leq$ 日本=オランダ<イギリス

という結果を、一部推定値を含めて、得ることができた。検定結果は有意ではあるものの、データ数が少なく、この結果は参考程度のものである。

### <参考資料／参考文献>

- [1] ISBSG Release R13 May 2015
- [2] ISBSG Repository Field Descriptions
- [3] 高橋光裕：ファンクションポイントの標準化動向，積算資料，2013 年 9 月号，pp. 前文 31-36.
- [4] Bundschuh, M., and Dekkers, D.: The IT Measurement Compendium, Springer, 2008.
- [5] Hill, P.: Practical Software Project Estimation: A Toolkit for Estimating Software Development Effort & Duration, McGraw-Hill, 2011.