

V-35

米国 LTPP 公開データの基本統計

北海道大学大学院工学研究科 学生会員○土屋 智穂
同上 正会員 上島 壮

1 はじめに

SHRP (新道路研究計画) はアメリカにおいて 1987 年より 5 ヶ年計画で行われた、道路に関する投資金額 1.5 億ドル規模の研究プロジェクトである。そして、LTPP (Long-Term Pavement Performance) プログラムは、SHRP 計画の研究テーマの 1 つである舗装の長期供用性に関するプログラムである。この研究は 20 年計画であるが、最初の 5 年間は SHRP の元で実施された後、1992 年 7 月に連邦道路局 (FHWA) に引き継がれている。この研究の目的は、

- ・ 現行の設計法の評価
- ・ 現存する舗装に関する修繕計画の立案と設計法の改正
- ・ 新設および再舗装に関する設計式の改良
- ・ 舗装の破損とパフォーマンスに及ぼす、荷重、環境、材料特性とその変動、建設の質、維持レベルなどの効果の把握
- ・ 設計要因が舗装のパフォーマンスに及ぼす影響の把握
- ・ 長期舗装データベースの構築

である。LTPP 研究には、30 カ国が参加し、日本、英国などは LTPP IMS (LTPP Information Management System) を入力システムとして採用し、各国独自のデータベースを構築している。

LTPP データは総項目数 6000 変数以上、テーブル数 400 種以上の構成で、リレーショナルデータベースの構造で LTPP IMS に蓄積されてきた。そして現在までの 10 年間の主要なデータが、一般の研究者などの PC ユーザーに供するための厳格な品質検査を経て、検索ソフトウェア DataPave を付属させた CD-ROM で "DataPave97" として無償で配布されるに至っている。

この CD のデータ部は 3 個の Microsoft ACCESS データファイルに収納されている。DataPave を利用するためにはある水準の予備知識と具体的な解析目的が必要と思われることから、本報告は DataPave ソフトを用いず ACCESS データベースの内容を直接解析することにより LTPP データの大きさを把握し、特に FWD 試験データの解析に必要な事項を明らかにすることを試みた。

2 Microsoft Access 形式データベースの内容

2.1 試験区数

全米そしてカナダでおこなわれた試験区数をアメリカとカナダの地図上に表したものを図 1 に示す。

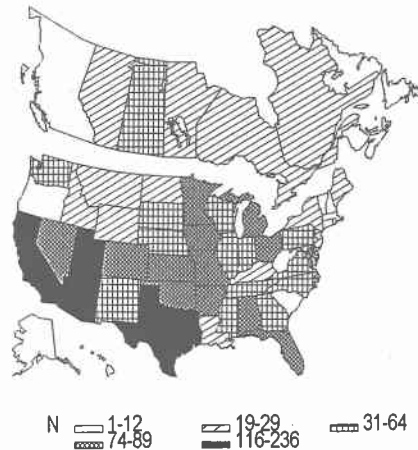


図 1 アメリカとカナダの試験区数

2.2 試験区のプロジェクト別構成

LTPP は、GPS (General Pavement Studies : 一般舗装研究) と SPS (Specific Pavement Studies : 特定舗装研究) の 2 つのプログラムから成る。GPS は実際に供用されている道路における施工されたままのオリジナル路面、あるいはたかだか 1 回のオーバーレイが施工された路面を対象とし、標準的に用いられている材料及び設計法で施工された箇所を対象としている。SPS は GPS では得られないデータを得るために計画されたもので、種類の要因の影響を把握するために、通常では用いられない設計や工法により、新たに舗装を施工したり、特別な維持修繕法を施工するために準備された箇所を対象としている。表 1、表 2 にそれぞれのプロジェクトの工種と試験区数をあらわした表を示す。

表 1 SPS プロジェクト試験区数

プロジェクト	工種	試験区数	
		E	A
SPS-1	たわみ性舗装の構造的因子の研究	34	206
SPS-2	剛性舗装の構造的因子の研究	75	113
SPS-3	たわみ性舗装の予防的維持の効果	144	396
SPS-4	剛性舗装の予防的維持の効果	68	195
SPS-5	AC舗装の修繕	37	180
SPS-6	鉄筋PCC舗装の修繕	25	139
SPS-7	目地ありコンクリート舗装における付着PCCオーバーレイ	0	45
SPS-8	環境要因の研究	12	32
SPS-9	SHRPのアスファルト仕様と混合設計の検証	0	153

(注)

表中の AE は項目名 RECORD_STATUS の値。

A: 最も粗いチェックレベルのデータ

E: 最も厳しいチェックレベルを経たデータ

表 2 GPS プロジェクト試験区数

プロジェクト	工種	試験区数	
		E	A
GPS-1	粒状路盤上に施工されたAC	186	1
GPS-2	安定処理路盤上のAC	115	0
GPS-3	目地あり無筋コンクリート	129	0
GPS-4	目地あり鉄筋コンクリート	54	0
GPS-5	連続鉄筋コンクリート	74	0
GPS-6A	AC舗装上のACオーバーレイ	54	0
GPS-6B		65	0
GPS-6C		1	5
GPS-6D		0	2
GPS-6S	PCC舗装上のACオーバーレイ	1	14
GPS-7A		26	0
GPS-7B		28	0
GPS-7C		0	2
GPS-7D	PCC舗装上の非付着ACオーバーレイ	0	2
GPS-7S		0	6
GPS-9	PCC舗装上の非付着ACオーバーレイ	26	2

2.3 Access データベーステーブル群

DataPave CD 内には 3 つの Microsoft Access データベース、すなわち DP_80.mdb、FWD_80.mdb、IMS_80.mdb があり、それぞれの中に含まれるテーブル群をグループ分けした一覧を下の表に載せる。

表 3 テーブル群名とその内容

テーブル群名	内容	テーブル数	レコード数合計
AWS&ENV	気象情報	5	138973
INV	測定個所の履歴情報、舗装の材料特性	26	25584
MNT	シールコート、パッチ、ジョイントシール、切削、グルーピングなどの情報	9	496
MON	損傷、すべり、プロファイル、FWDデータなど	23	3200518
RHB	オーバーレイ、ジョイント修繕、打ち換え、拡張など	23	1187
SMP	舗装内の温度、水	22	635951
SPS	特定舗装調査一般	3	228
SPS1	たわみ性舗装の構造因子の研究	12	1875
SPS2	剛性舗装の構造因子の研究	18	3849
SPS3	たわみ性舗装の予防的維持の効果	7	443
SPS4	剛性舗装の予防的維持の効果	15	248
SPS5	アスファルトコンクリート舗装の修繕	12	1428
SPS6	ジョイントされたコンクリート舗装の修繕	17	571
SPS8	環境要因による影響の研究	13	340
TRF	交通量、輪荷重	6	497923
TST	試料採取、室内試験	47	206424

3 LTPP 試験区の舗装構造

全米の試験区の舗装構造を解析し、各プロジェクトごとの舗装構造と層の名称を図2にまとめる

図2 各プロジェクトごとの舗装構造と層の名称

層の名称

1 Overlay	オーバーレイ層
2 Seal Coat	シーコート層
3 Original Surface	既設表層
4 HMAC Layer	加熱アスコン層
5 Base Layer	上層路盤層
6 Subbase Layer	下層路盤層
7 Subgrade	路床
8 Interlayer	中間層
9 Porous Friction Course	ポーラス表層
10 Surface Treat	表面処理層
11 Embankment(fill)	盛土層

層構成	区数	平均厚
34567	22 *****	27.6
3457	20 *****	14.5
3567	18 *****	22
93567	13 ***	21.3
9357	13 ***	14.4
357	10 ***	15.2
34457	9 **	19.6
23457	8 **	16.6
Others	73 *****	20.2
Total	186	mean 19.8

層構成	区数	平均厚
34567	18 *****	21
3567	13 ***	19.8
357	9 **	11.5
34457	7 **	15.9
93567	7 **	21.9
9357	7 **	12.6
2357	6 **	15.2
3457	6 **	14.7
Others	42 *****	23
Total	115	mean 19.5

層構成	区数	平均厚
357	59 *****	14.9
3567	43 *****	25
35667	10 ***	28.8
35Y7	7 **	39.1
3857	4 *	16.5
38567	2 *	20.2
35668687	1	42.4
356Y7	1	36
Others	2 *	20.9
Total	129	mean 21.3

層構成	区数	平均厚
357	39 *****	15.1
3567	15 *****	22.1
Total	54	mean 17.1

層構成	区数	平均厚
3567	35 *****	21
357	33 *****	14.1
38567	3 *	21.3
35Y7	2 *	30
35667	1	37.8
Total	74	mean 18.4

層構成	区数	平均厚
1357	5 *	21.2
13567	4 *	17.6
134567	3 *	30.9
91357	3 *	23.1
137	2 *	10.2
143567	2 *	30.2
913457	2 *	24.4
123457	1	17
Others	32 *****	23.9
Total	54	mean 23.1

層構成	区数	平均厚
3567	11 ***	20.1
34567	9 **	25.8
3457	9 **	13.3
357	4 *	11.7
23567	3 *	18.3
344567	3 *	19.1
2345667	2 *	27.1
2357	2 *	12.3
Others	22 *****	24.5
Total	65	mean 20.8

層構成	区数	平均厚
3457	2 *	14
3257	1	13.5
34567	1	93.5
93457	1	13.1
935667	1	21.1
Total	6	mean 28.2

層構成	区数	平均厚
137	1	16.5
914345667	1	23.5
Total	2	mean 20

層構成	区数	平均厚
357	20 *****	15.4
35Y7	3 *	37.3
3567	2 *	14.8
35667	1	24
356Y7	1	76
35Y67	1	36.5
Total	28	mean 20.9

層構成	区数	平均厚
14357	7 **	20.5
1357	6 **	16.6
143567	3 *	29.4
34567	2 *	16
13567	1	34
1435667	1	36.1
1437	1	11.3
1843567	1	24.1
Others	4 *	19.4
Total	26	mean 21

層構成	区数	平均厚
34567	2 *	35.5
93457	2 *	13.4
13567	1	18
14434567	1	17.9
34447	1	15.8
344567	1	34.9
3447	1	15
3457	1	11
Others	5 *	28.2
Total	15	mean 23.4

層構成	区数	平均厚
14357	1	20
3567	1	20
Total	2	mean 20

層構成	区数	平均厚
14357	1	21
3567	1	19
Total	2	mean 20

層構成	区数	平均厚
14357	4 *	18.1
14367	1	17
144357	1	17.5
Total	6	mean 17.8

層構成	区数	平均厚
18357	8 **	25.3
183567	7 **	33
1837	3 *	14.4
18367	2 *	21.8
137	1	16.5
143567	1	25
1835Y7	1	33
188357	1	27.9
Others	2 *	26.8
Total	26	mean 26

GPS1 から GPS5 までは層構成がよく似ている。既設表層（表中番号 3）は GPS1 と GPS2 が加熱混合アスコンであり、GPS3、4、5 はコンクリートセメント（JPCP、JRCP、CRCP）である。GPS1 と GPS2 の違いは上層路盤（番号 5）にある。前者は碎石（粗）砂利・スラブが 8 割を占めているのに対し、後者は加熱密粒アスコン、セメント骨材混合物がそれぞれ 3 割を占めている。下層路盤（番号 6）はだいたい同じものが使われており石灰安定処理路盤、砂質土混合物、砂、碎石（粗）砂利・スラブなどである。

SPS1			
層構成	区数		平均厚
35567	9	**	24.9
3557	9	**	17.3
3567	4	*	21.5
357	4	*	15.3
Total	26		mean 20.3

SPS6			
層構成	区数		平均厚
14357	12	***	18.2
357	11	***	14.6
3567	2	*	21.1
144357	1		22
35Y7	1		38
Total	27		mean 17.8

SPS7			
層構成	区数		平均厚
356667	1		104
35667	1		26
357	1		12
35Y7	1		36
Total	4		mean 44.5

SPS2			
層構成	区数		平均厚
357	22	*****	15.7
3567	15	****	22.6
35Y7	15	****	36.6
3557	5	*	17.2
35567	4	*	25.4
355Y7	4	*	32.9
Total	65		mean 23.9

SPS5			
層構成	区数		平均厚
1434567	6	**	34.5
1493567	4	*	26.7
14X3567	4	*	23.6
1X3567	4	*	23.2
193567	3	*	25.8
34567	3	*	53.3
134567	2	*	32.8
13567	2	*	21
Others	9	**	24.5
Total	37		mean 28.8

GPS3、4、5 は上層路盤、下層路

盤とも似たような材料が使われている。その中で特徴的なのは上層路盤では GPS3 で貧配合コンクリート、GPS4 でセメント安定処理が使われていることであり GPS5 では両方が使われている。下層路盤では GPS3、5 で使われている碎石（粗）砂利・スラブと砂利が GPS4 では使われていないことがあげられる。

GPS6、7、9 プログラムの工区にはオーバーレイ層があるはずである。しかし GPS6B、6C、6S、GPS7B にはオーバーレイ層がほとんど見られない。GPS6A、6D そして GPS7A のオーバーレイ層は加熱混合アスコンである。GPS9 のオーバーレイ層は JPCP、JRCP、CRCP がそれぞれ 6 割、2 割、2 割を占めており加熱混合アスコンは 1 割にも満たない。表層は GPS6 が加熱混合アスコンなのに対し GPS7、9 は JPCP、JRCP、CRCP である。上層路盤は GPS6 ではほとんどが碎石（粗）砂利・スラブであり、GPS7、9 では碎石（粗）砂利・スラブ、砂利、セメント骨材混合物がほとんどであるが、その中で GPS7A の貧配合コンクリートが特徴的である。下層路盤は GPS6 では碎石（粗）砂利・スラブ、粘性土混合物、砂質土混合物がよく使われており、GPS7、9 は砂が多いが GPS7A ではセメント安定処理路盤、GPS7B、GPS7S では碎石（粗）砂利・スラブ、GPS9 では石灰安定処理路盤が使われているのが特徴的である。

SPS の既設表層は SPS1、5 が加熱混合アスコン、SPS2 が JPCP、SPS6 が JPCP、JRCP、GPS7 が CRCP、JPCP、再生コンクリート（CRCP）である。SPS5、6 にはオーバーレイ層がある。SPS6 のオーバーレイが加熱混合アスコンのみのものに対し、SPS5 は再生加熱アスコンと加熱混合アスファルトが 5 割ずつ使われていることが特徴的である。上層路盤に関していえばだいたいの工区でも碎石（粗）砂利・スラブ、砂利、加熱密粒アスコンが使われている。SPS1、2 で特徴的なのは開粒アスコン、SPS5 では密粒常温混合物、粘性土混合物、SPS6 では石灰安定処理路盤である。下層路盤は SPS1 に特徴があり“その他”で表される材料を使っているものが 9 割以上あり、SPS の研究が特定舗装研究であるということがよく表れている。

4 FWD 測定データ

FWD 試験結果はテーブル MON_DEFL_DROP_DATA に収納されている。

4.1 MON_DEFL_DROP_DATA の項目

項目名とその内容を表 4 に示す。

表 4 MON_DEFL_DROP_DATA の項目名とその内容

項目名	内容	項目名	内容
SHRP_ID	SHRP 区間コード	DEFL_UNIT_ID	FWD 試験機記号
STATE_CODE	州コード	DROP_HOUR_MINUTE	測定時刻
LANE_NO	測定場所の車線コード	DROP_HEIGHT	重錘落下位置番号 1-4
POINT_LOC	区間の始点からの位置	DROP_LOAD	荷重 (プレート圧)
TEST_DATE	測定年月日	HISTORY_STORED	測定に関するヒストリーデータを保存したか 否か (Y) (N)
DROP_NO	測定順序番号	PEAK_DEFL_1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	センサー1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 のピークたわみ
CONSTRUCTION_NO	LTPP 研究に採用された時点で 1 が与えられる。舗装に変更があるたびに 1 が加えられる。		

4.2 FWD 解析に用いるデータの関連図

FWD 試験結果を解析する際に必要なデータは様々なテーブルに収納されている。そこで、必要となるデータとそのデータを収納しているテーブル名、更にその他の主要な情報を関連図にしたものを図 3 に載せる。

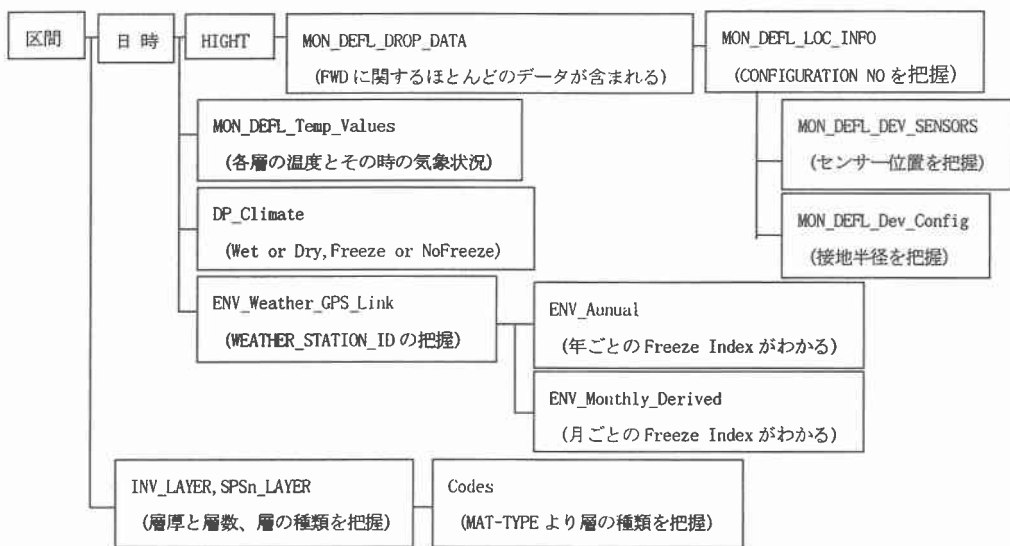


図 3 FWD 試験結果を解析する際に必要なデータの関連図

4.3 LANE_NO、プロジェクト別データ数

LANE_NOを大別してグループ化したものとプロジェクト別のデータ数を表 5 に示す。

この表からは、どのプログラムもだいたい LANE_NO"F"にデータが集中していることがわかる。その中で GPS3、4、7B、7D、9、SPS2、4、6 は LANE_NO"J"のデータ数が最も多くなっており、中でも SPS4 は他の LANE_NO のデータがない。GPS5、7C は LANE_NO"C"のデータが最も多く特徴的である。

C:連続鉄筋コンクリート F:たわみ性舗装
J:コンクリート舗装 G,S:凡例なし

表 5 LANE_NO、プロジェクト別データ数

Project	C0-5	F0,1,3,5	G1,3	J0-8	S1,3	合計
GPS-1	0	984487	0	12	0	984499
GPS-2	0	235884	0	0	0	235884
GPS-3	936	12	0	353416	0	354364
GPS-4	0	1376	0	182880	0	184256
GPS-5	172860	1328	0	4512	0	178700
GPS-6A	0	81047	0	0	0	81047
GPS-6B	0	150185	0	0	0	150185
GPS-6C	0	11426	0	0	0	11426
GPS-6D	0	3408	0	0	0	3408
GPS-6S	0	26554	0	0	0	26554
GPS-7A	0	36864	0	0	0	36864
GPS-7B	14460	24172	0	24540	0	63172
GPS-7C	1164	704	0	0	0	1868
GPS-7D	0	1408	0	2412	0	3820
GPS-7S	0	6448	0	0	0	6448
GPS-9	10464	704	0	37816	0	48984
SPS-1	0	53664	672	0	1984	56320
SPS-2	0	176	504	132900	840	134420
SPS-3	0	63772	0	0	0	63772
SPS-4	0	0	0	38523	0	38523
SPS-5	0	26864	0	0	0	26864
SPS-6	0	17792	0	21616	0	39408
SPS-8	0	1056	0	600	0	1656
合計	199884	1729331	1176	799227	2824	2732442

4.4 FWD 測定条件

表6は、測定地点でFWD装置を据付後行一連の測定の重錘位置(DROP_HEIGHT)設定パターンである。数字1は最も低い位置で、4が最高である。表6より半数以上の測定で位置1から4まで4回ずつ合計16回測定するパターンである。別の条件としては位置1を省略するパターンが採用されている。

4.5 FWD 測定たわみの傾向

たわみの測定位置は、載荷中心のd1からd9までの記録欄が用意されているが、全データの内99.95%までがd1, 2, 3, 4, 5, 6, 7の7点の値を収録している。表7はDROP_HEIGHT=2のデータの中心点d1のLANE_NO区分、プロジェクト別の平均値を示したものである。

この表から、たわみ舗装系では300ミクロン付近を中心としてかなり大きな散らばりがある。なお、たわみ性舗装と剛性舗装の区別とプロジェクトの主題と関係は、明快に区分されているわけではないようである。

4.6 FWD データ蓄積年数

舗装の経年変化を解析する目的でLTPPデータを利用する場合、FWDデータの蓄積期間をまづ知る必要がある。表8はプロジェクト別にFWDデータの蓄積年数と試験区数を示したものである。

表より、2年分のデータを持つ試験区が最も多く、ある程度選択肢のある区数という条件では7年分のデータまで利用できる。データ品質のチェックが初期段階レベル(RECORD_STATUS=A)とされる試験区の大部分は各SPSプロジェクトの「FWDデータ無」に所属している。

5 まとめ

- ・LTPPデータを主としてプロジェクト別に集約した。
- ・LTPP試験区データを通じて北米における舗装の構成を統計的に明らかにした。
- ・FWD落錘データについて、データの分布、測定条件、蓄積年数などを統計的に明らかにした。

なお、本研究は土木学会地盤工学委員会舗装工学小委員会の活動として行なったもので、データの提供と助言をいただいた当委員会舗装マネジメントWG各位に謝意を表します。

表6 DROP_HEIGHTの設定手順

パターン	パターン数	%
1111222233334444	106246	55.2
222233334444	83081	43.1
その他のパターン	3315	1.7

表7 d1(DROP_HEIT=2)のLANE_NO区分平均値
単位: ミクロン (カッコ内は標準偏差)

Project	CO-5	F0.1.3.5	G1.3	J0-8	S1.3
GPS-1	(. .)	296(181)	(. .)	239(1)	(. .)
GPS-2	(. .)	205(138)	(. .)	(. .)	(. .)
GPS-3	73(26)	166(1)	(. .)	146(89)	(. .)
GPS-4	(. .)	106(20)	(. .)	146(97)	(. .)
GPS-5	117(62)	143(27)	(. .)	141(61)	(. .)
GPS-6A	(. .)	252(132)	(. .)	(. .)	(. .)
GPS-6B	(. .)	257(150)	(. .)	(. .)	(. .)
GPS-6C	(. .)	320(285)	(. .)	(. .)	(. .)
GPS-6D	(. .)	150(36)	(. .)	(. .)	(. .)
GPS-6S	(. .)	301(263)	(. .)	(. .)	(. .)
GPS-7A	(. .)	123(59)	(. .)	(. .)	(. .)
GPS-7B	138(49)	103(39)	(. .)	164(76)	(. .)
GPS-7C	93(29)	95(14)	(. .)	(. .)	(. .)
GPS-7D	(. .)	171(77)	(. .)	157(36)	(. .)
GPS-7S	(. .)	131(49)	(. .)	(. .)	(. .)
GPS-9	61(28)	103(38)	(. .)	105(73)	(. .)
SPS-1	(. .)	233(131)	(. .)	(. .)	(. .)
SPS-2	(. .)	320(47)	367(83)	153(93)	562(366)
SPS-3	(. .)	253(124)	(. .)	(. .)	(. .)
SPS-4	(. .)	(. .)	(. .)	142(95)	(. .)
SPS-5	(. .)	297(124)	(. .)	(. .)	(. .)
SPS-6	(. .)	109(45)	(. .)	175(134)	(. .)
SPS-8	(. .)	503(226)	(. .)	132(37)	(. .)

表8 FWD データ蓄積年数・試験区数集計
(チェックレベル A を含む)

蓄積年数	無	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
GPS-1	6	15	59	42	32	12	11	9	1	187
GPS-2	2	15	48	41	5	2	1	1	0	115
GPS-3	9	24	66	23	4	1	2	0	0	129
GPS-4	0	7	33	5	5	0	2	2	0	54
GPS-5	0	6	52	14	2	0	0	0	0	74
GPS-6A	0	4	39	6	5	0	0	0	0	54
GPS-6B	0	4	23	26	7	3	1	1	0	65
GPS-6C	0	0	2	4	0	0	0	0	0	6
GPS-6D	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
GPS-6S	1	2	7	3	0	2	0	0	0	15
GPS-7A	1	3	18	3	1	0	0	0	0	26
GPS-7B	0	5	9	10	4	0	0	0	0	28
GPS-7C	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
GPS-7D	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
GPS-7S	0	3	2	1	0	0	0	0	0	6
GPS-9	3	5	18	2	0	0	0	0	0	28
SPS-1	214	0	12	14	0	0	0	0	0	240
SPS-2	124	12	26	17	9	0	0	0	0	188
SPS-3	448	3	14	33	23	10	5	4	0	540
SPS-4	223	15	14	8	3	0	0	0	0	263
SPS-5	190	7	7	4	7	2	0	0	0	217
SPS-6	144	0	1	4	9	6	0	0	0	164
SPS-7	45	0	0	0	0	0	0	0	0	45
SPS-8	40	4	0	0	0	0	0	0	0	44
SPS-9	153	0	0	0	0	0	0	0	0	153
Total	1603	136	453	262	116	38	22	17	1	2648