



LAS Specification 1.4 - R15

Release Information:

Version Approved – November 2011

Revision date – 09 July 2019

PDF build date – 09 July 2019

Translated date (JPN) – 29 January 2025

GitHub commit – 72a54a4ab79bdb94eeea7977be2859c41fc119f0

GitHub repo – <https://github.com/ASPRSorg/LAS>

Published by:

The American Society for Photogrammetry & Remote Sensing

425 Barlow Place, Suite 210

Bethesda, Maryland 20814-2160

Voice: 301-493-0290

Fax: 225-408-4422

Web: www.asprs.org

Copyright © 2002-2019 American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS).
All rights reserved.

Permission to Use: The copyright owner hereby consents to unlimited use and distribution of this document, or parts thereof, as a specification provided such use references ASPRS as the publisher. This consent does not extend to other uses such as general distribution in any form, including electronic, by any individual or organization whether for advertising or promotional purposes, for creating new collective works, or for resale. For these and all other purposes, reproduction of this publication or any part thereof (excluding short quotations for use in the preparation of reviews and technical and scientific papers) may be made only after obtaining the specific approval of the publisher.

Printed in the United States of America.

Translated in Japan

翻訳者:

公益財団法人 日本測量調査技術協会 (ASSOCIATION OF PRECISE SURVEY & APPLIED TECHNOLOGY)

<https://sokugikyo.or.jp/>

本文書は日本国内におけるLASデータの振興と流通の便を図るため、当協会がASPRSの許諾を得て日本語版を作成しておりますが著作権はASPRSに帰属します。また、当協会は正確な日本語訳を提供できるよう十分な注意を払い最善の努力を尽くしておりますが、日本語版によって生じたいかなる損害にも一切責任を負いかねますのでご了承ください。当文書を用いた取り組みを行う場合は、必ず原文(英文)もご確認ください。

目次:

1	導入	1
1.1	目的、適用範囲、および適用性	1
1.1.1	LAS 1.4の改訂履歴.....	1
1.1.2	LAS 1.4 と以前のバージョンとの比較.....	3
1.2	準拠	3
1.3	権限	3
1.3.1	ASPRS	3
1.3.2	OGC.....	4
2	LAS形式の定義.....	5
2.1	後方互換性 (LAS 1.1 - LAS 1.3)	5
2.2	座標参照系(CRS)表現	6
2.3	データ型	7
2.4	Public Header Block (公開ヘッダーブロック)	8
2.5	VLR : Variable Length Records (可変長レコード)	13
2.6	Point Data Records (ポイントデータ・レコード)	15
2.6.1	Point Data Record Format 0 (ポイントデータ・レコード形式0)	15
2.6.2	Point Data Record Format 1 (ポイントデータ・レコード形式1)	21
2.6.3	Point Data Record Format 2 (ポイントデータ・レコード形式2)	22
2.6.4	Point Data Record Format 3 (ポイントデータ・レコード形式3)	23
2.6.5	Point Data Record Format 4 (ポイントデータ・レコード形式4)	24
2.6.6	Point Data Record Format 5 (ポイントデータ・レコード形式5)	26
2.6.7	Point Data Record Format 6 (ポイントデータ・レコード形式6)	27
2.6.8	Point Data Record Format 7 (ポイントデータ・レコード形式7)	31
2.6.9	Point Data Record Format 8 (ポイントデータ・レコード形式8)	32
2.6.10	Point Data Record Format 9 (ポイントデータ・レコード形式9)	33
2.6.11	Point Data Record Format 10 (ポイントデータ・レコード形式10)	34
2.7	Extended Variable Length Records (EVLN) (拡張可変長レコード(EVLN)) ..	35
2.7.1	Legacy Compatibility for EVLNs (EVLN の後方互換性)	35
3	Coordinate Reference System VLRs (Required) 座標参照系VLR (必須).....	36
3.1	Coordinate Reference System Information (座標参照系情報)	36
3.2	Georeferencing Information Using WKT (WKTを使用したジオリファレンス情報)	36
3.2.1	OGC Math Transform WKT Record (OGC 数学変換 WKT レコード)	36
3.2.2	OGC Coordinate System WKT Record (OGC 座標系 WKT レコード)	37
3.3	Georeferencing Information Using GeoTIFF (GeoTIFF を使用したジオリファレンス情報).....	37

3.3.1	GeoKeyDirectoryTag Record (GeoKeyDirectoryTag レコード)	37
3.3.2	GeoDoubleParamsTag Record (任意)	39
3.3.3	GeoAsciiParamsTag Record (任意)	39
4	Other Specification Defined VLRs (Optional)その他の仕様定義 VLR (任意)	40
4.1	Classification Lookup (分類検索)	40
4.2	Text Area Description (テキスト領域の説明)	40
4.3	Extra Bytes (追加バイト)	40
4.4	Superseded (置き換え済み)	43
4.5	Waveform Packet Descriptor (波形パケット記述子)	43
5	Defined Extended Variable Length Records (EVLRs) (定義済み拡張可変長レコード)	45
5.1	Waveform Data Packets (波形データパケット)	45
6	LAS Domain Profiles (LAS ドメインプロファイル)	46
6.1	LAS Domain Profile Description (LAS ドメインプロファイルの説明)	46

1 導入

1.1 目的、適用範囲、および適用性

LASer (LAS)ファイルは、LiDARまたは他のソースから得られたものを含む点群データレコードを格納することを目的としている。GPSとIMUおよびレーザーパルスの距離データを組み合わせてXYZ座標を付与して生成されたポイントデータは通常、(ハードウェアベンダーが提供するような)ソフトウェアによってこのフォーマットに変換される。LASの目的は、さまざまなハードウェアとソフトウェアのツールが共通の形式で点群データを交換できるオープンフォーマットを提供することである。

本書は、LASフォーマット仕様の最初のバージョン1.0のリリースから4度目の改訂を反映したものである。

1.1.1 LAS 1.4の改訂履歴

LAS 1.4の改訂の概要(該当がある場合はGitHub Issue番号が含まれる)：

- R11 - 承認済みバージョン (2011年11月)
- R12 - 正誤表 (2012年6月) - 誤字の修正
 - 説明段落中のPublic Header Sizeを375 bytesに修正した
 - Scan Angle Rankの2つの事例を“Unsigned Char”から”Char”に修正した
- R13 -Domain Profile Sectionを追加 (2013年7月)
- R14 -複数の更新 (2019年3月)
 - GitHubへの移行に伴う外観の変更
 - 複数の大文字・誤字の修正
 - ASPRSの連絡先情報を更新 (I-30¹)
 - PDRF 6-10 への標準クラス分類19-22の追加 (I-11², I-26³)
 - * Class 19 –PDRFs 6-10のOverhead Structure
 - * Class 20 – Ignored Ground
 - * Class 21 – Snow
 - * Class 22 – Temporal Exclusion
 - OGCの承認を追加 (I-31⁴)
 - 属性テーブルにPDRF最小サイズを追加 (I-47⁵)
 - セクションの再編成 (I-57⁶)
 - * セクション番号付き目次の追加 (I-27⁷, I-49⁸を参照)

¹ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/30>

² <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/11>

³ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/26>

⁴ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/31>

⁵ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/47>

⁶ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/57>

⁷ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/27>

⁸ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/49>

- * 定義済み可変長レコードセクションを、座標参照系VLRセクション(s3)とその他の仕様定義済みVLRセクション(s4)に分割
- * 後方互換性セクション(s2.1)のEVLРディスカッションを拡張し、後方互換性セクションをEVLР定義(現在は s2.7.1)に移動
- * LAS 1.4 改訂履歴(現在は s1.1.1) とLAS1.4の追加(現在は s1.1.2) の順序入れ替え
- * Extra Bytes VLRの説明の段落の再配置
- 非推奨の"tuple" および"triple"追加のバイトデータ型(I-1⁹)
 - * 記述子名からの暗示的配列の説明と例を追加
- ExtraByteの最小/最大値は変換されてない値であることを明記 (I-4¹⁰)
- 非後方のPDRFを使用する場合、Legacy Point Countsをゼロに設定すべきであることを明確にした (I-12¹¹)
- Full Waveformの説明を明確にし、wikiリンクを追加(I-9¹²)
- X(t)、Y(t)、Z(t)の名前を波形パケットからParametric dx/dy/dzへ改名
- PDRF9 では、他の PDRF と同様にScanner Channelが正しく要求されるようになった (I-29¹³)
- GPS標準時の原点日時を明確にした(I-40¹⁴)
- 固定長のchar配列のnull終端(特に VLR)を明確にした(I-46¹⁵)
- FileSourceID と PointSourceID の関係を明確にした (I-59¹⁶)
- 従来のリニアモードLiDARスキャナ以外の技術をサポートするための文言を追加 (I-35¹⁷)
 - * Synthetic Return Numbers Global Encodingビットを明確にし、名称を変更
 - * 合成ポイントの分類フラグを明確にした
 - * ゼロ値のPointSourceIDの有効性を明確にした
 - * 後方PDRFと非後方PDRFの間の統一されたReturn NumberとNumber of Returnsの記述
 - * 非回転システムのScan DirectionとEdge of Flight Line Flagsを明確にした
- Project ID の例に関する Wiki リンクを追加 (I-38¹⁸)
- R15 - R14 の正誤表と誤字修正 (2019年7月):
 - 編集上の句読点の軽微な修正 (I-78¹⁹)
 - R14 LASヘッダーのMin/Max XYZの意図しない並び替えを修正 (I-79²⁰)
 - PDRF6-10ビット・フィールドに関する注記に、欠落していたScanner Channelフィールドを追加 (I-80²¹)

改訂R14以降の変更の詳細については、[GitHub ページ](#)²²で提供されているインライン差分を確認されたい。

⁹ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/1>

¹⁰ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/4>

¹¹ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/12>

¹² <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/9>

¹³ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/29>

¹⁴ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/40>

¹⁵ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/46>

¹⁶ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/59>

¹⁷ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/35>

¹⁸ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/38>

¹⁹ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/78>

²⁰ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/79>

²¹ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/80>

²² <https://github.com/ASPRSorg/LAS>

1.1.2 LAS 1.4 と以前のバージョンとの比較

LAS 1.4 の追加機能は次のとおりである。

- 「ペイロード」が以前のバージョンで定義されている内容で構成されている場合の LAS 1.1 ~ LAS 1.3 との下位互換性。
- LAS 1.4 モードは以下をサポートする
 - オフセットとフィールドサイズを拡張して、フル64 bit をサポート
 - 発信パルスごとに最大15回のリターンに対応
 - 256種類のクラスに対応するためのPoint Classフィールドの拡張
 - 複数の新しいASPRS標準クラス分類の定義
 - Scan Angleフィールドを2バイトに拡張し、より細かい角度分解能をサポート
 - MMS (mobile mapping systems)をサポートするための Sensor Channelのビットフィールドの追加
 - 座標参照系に Well Known Text (WKT)定義を追加
 - クラス定義を維持しながらオーバーラップ領域内のポイントを示す Overlap ビットの追加
 - 各ポイントに格納されている余分なバイトを記述するための(オプションな)Extra Bytes 可変長レコードの追加。
- その他の軽微な変更
 - “LAS Domain Profile” および “LAS Domain Profile Description” の定義の追加
 - 公式LAS wikiへのリンクの追加: <https://github.com/ASPRSorg/LAS/wiki>

1.2 準拠

LAS形式定義で使用されるデータタイプは、1999年のANSI C言語 (ANSI/ISO/IEC 9899:1999 ("C99")) に準拠する。

1.3 権限

1.3.1 ASPRS

The American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS) は、LAS 仕様の所有者である。この基準は、ASPRS理事会の指示に従って、組織内の委員会によって維持される。この標準に関連する質問はASPRSに送信することができる。

- オンライン: <https://github.com/ASPRSorg/LAS>
- 電話: 301-493-0290
- 電子メール: las@asprs.org または asprs@asprs.org
- 郵便: 425 Barlow Place, Suite 210, Bethesda, Maryland 20814-2160

1.3.2 OGC

LASは、2018年にOpen Geospatial Consortium (OGC²³) によって OGC Community Standardとして認められた。LASが参照する標準に関する最新情報と、標準化団体内でのステータスが記載されたOGC版の文書は以下を参照されたい。

<https://portal.opengeospatial.org/files/17-030r1>

LASの活動を参照するOGCに関する今後の認識と活動は、以下を参照されたい。

<http://www.opengeospatial.org/standards/community>

²³ <http://www.opengeospatial.org>

2 LAS形式の定義

この形式には、公開ヘッダーブロック、任意の数の可変長レコード (VLR : Variable Length Records)、Point Data Records、および任意の数の拡張可変長レコード (EVLN : Extended Variable Length Records) で構成されるバイナリデータが含まれている。すべてのデータはリトルエンディアン形式となっている。公開ヘッダーブロックには、ポイントの番号やポイントデータの範囲などの汎用データが含まれている。ここではファイルのデータ内容そのものを「ペイロード」と呼ぶことにする。

可変長レコード(VLR)には、投影情報、メタデータ、波形パケット情報、ユーザーアプリケーション情報などの様々なタイプのデータが含まれている。1つのVLRの「ペイロード」サイズは 65,535 byte に制限されている。

拡張可変長レコード (EVLN) は、VLR よりももっと大きい「ペイロード」を格納することが可能で、LAS ファイルの末尾に追加できるという利点がある。これにより、例えばファイル全体を書き換えることなく、LASファイルに投影情報を追加することができる。

表 1: LAS 1.4 フォーマットの定義

<i>Public Header Block</i>	公開ヘッダーブロック
<i>Variable Length Records (VLRs)</i>	可変長レコード(VLR)
<i>Point Data Records</i>	ポイントデータ・レコード
<i>Extended Variable Length Records (EVLNs)</i>	拡張可変長レコード(EVLN)

ポイントデータ形式4、5、9または10を含むLASファイルには、拡張可変長レコード (EVLN) のペイロードとして格納される波形データパケットの1ブロックが含まれている可能性がある。他のEVLNとは異なり、Waveform Data Packets (ファイルに内部的に格納されている場合)には、このストレージヘッダーへのオフセットを公開ヘッダーブロックにある (“Start of Waveform Data Packet Record”) に保持している。

2.1 後方互換性 (LAS 1.1 – LAS 1.3)

LAS 1.4 は、ファイル仕様を32ビットのファイル構造(最大値 $2^{32} - 1 \equiv 4,294,967,295 \equiv \text{UINT32_MAX}$) から64ビットのファイル構造($2^{64} - 1$)に拡張する。

LAS 1.1 から LAS 1.3 のペイロード(ポイントデータ形式0-5、GeoTIFF座標参照系、これらをまとめて“レガシー”ペイロードと呼ぶ)をLAS 1.4 に配置する機能を維持するために、LAS 1.4 ファイル構造内のいくつかのフィールドを複製する必要がある。これらの複製されたフィールドには“Legacy xxx”という名前が付けられ、“xxx”はフィールドの意味を示す。

後方互換性を維持させてLAS 1.4 ファイルを記述する場合は、レガシーフィールドと同等の非レガシーフィールドの両方を同期して維持する必要がある。ただし、ポイント数が UINT32_MAX を超える場合はそれが不可能であり、その場合は従来のフィールドをゼロに設定する必要がある。ファイル記述時に後方互換性を維持していない場合は、従来のフィールドを常にゼロに設定しておく必要がある。

ゼロでない従来のフィールドと同等のLAS 1.4 フィールドとの間に不一致がある場合、LAS 1.4 の読み取りソフトウェアは、LAS 1.1 から LAS 1.3 と同じ動作を維持するために、従来の値を使用する必要がある。最善の方法は、ファイルを修復できようようにするためにエラー情報を出力することであ

る。

LAS 1.4 では、可変長レコード (VLR) を拡張可変長レコード (EVLR) として定義するオプションが導入された。後方互換性を維持させて LAS 1.4 ファイルを記述する場合は、VLRのみを使用する必要がある。詳細については「*Legacy Compatibility for EVLRs (EVLR の後方互換性)*」セクションを参照されたい。

2.2 座標参照系(CRS)表現

LAS 1.4で導入された新しいポイントデータ形式(6-10)において必要な座標参照系(CRS: Coordinate Reference System)表現としては、GeoTIFF (タグによる座標参照)はWell Known Text(WKT)に置き換えられている。

ポイントデータ形式0-5においては、互換性のためGeoTIFF (タグによる座標参照)は維持されている。

"WKT" ビットがPublic Header BlockのGlobal Encodingフラグに追加された。このビットが設定されている場合、ファイルのCRSは、WKT(拡張)可変長レコード (EVLR, VLR)に配置される。

ポイントデータ形式0-5の従来のLASとの後方互換性を維持させてファイルを記述する場合は、ファイルのCRSを表すGeoTIFF VLRを追加し、確実にWKTビットをfalseにする必要がある。

CRS の表現を以下に要約する。

表 2:座標参照系(CRS)の表現

Point Type	WKT bit == False	WKT bit == True
0-5	GeoTIFF	WKT
6-10	Error	WKT

ファイル内に複数の GeoTIFF (E)VLR または複数の WKT (E)VLR が含まれることは、ファイルエラーと見なされる。記述する際に、既存の CRS (E)VLR を “superseding” (置き換え) することによって、新しい CRS (E)VLR をファイルに追加できる。置き換えはレコードの LAS_SpecのIDを、このリリースで定義されている新しい LASF_Specである “*Superseded (置き換え済み)*”に変更することによって実行される。

2.3 データ型

LAS 形式の定義では次のデータ型が使用される。これらのデータ型は、1999 ANSI C 言語 (ANSI/ISO/IEC 9899:1999 ("C99")) に準拠していることに注意されたい。

- char (1 byte)
- unsigned char (1 byte)
- short (2 bytes)
- unsigned short (2 bytes)
- long (4 bytes)
- unsigned long (4 bytes)
- long long (8 bytes)
- unsigned long long (8 bytes)
- float (4 byte IEEE floating point format)
- double (8 byte IEEE floating point format)
- string (a variable series of 1 byte characters, ASCII encoded, null-terminated)

警告：固定長のchar配列は、すべてのバイトが使用される場合、**null-terminated**にはならない。例として、LASヘッダーのシステム識別子や生成ソフトウェア、可変長レコードのUser IDやDescription、そしてExtra Byte Descriptorの名前などが含まれる。

2.4 Public Header Block(公開ヘッダーブロック)

表 3: 公開ヘッダーブロック

項目	データ型	サイズ	必須
File Signature (“LASF”)	char[4]	4 bytes	○
File Source ID	unsigned short	2 bytes	○
Global Encoding	unsigned short	2 bytes	○
Project ID - GUID Data 1	unsigned long	4 bytes	
Project ID - GUID Data 2	unsigned short	2 bytes	
Project ID - GUID Data 3	unsigned short	2 bytes	
Project ID - GUID Data 4	unsigned char[8]	8 bytes	
Version Major	unsigned char	1 byte	○
Version Minor	unsigned char	1 byte	○
System Identifier	char[32]	32 bytes	○
Generating Software	char[32]	32 bytes	○
File Creation Day of Year	unsigned short	2 bytes	○
File Creation Year	unsigned short	2 bytes	○
Header Size	unsigned short	2 bytes	○
Offset to Point Data	unsigned long	4 bytes	○
Number of Variable Length Records	unsigned long	4 bytes	○
Point Data Record Format	unsigned char	1 byte	○
Point Data Record Length	unsigned short	2 bytes	○
Legacy Number of Point Records	unsigned long	4 bytes	○
Legacy Number of Point by Return	unsigned long[5]	20 bytes	○
X Scale Factor	double	8 bytes	○
Y Scale Factor	double	8 bytes	○
Z Scale Factor	double	8 bytes	○
X Offset	double	8 bytes	○
Y Offset	double	8 bytes	○
Z Offset	double	8 bytes	○
Max X	double	8 bytes	○
Min X	double	8 bytes	○
Max Y	double	8 bytes	○
Min Y	double	8 bytes	○
Max Z	double	8 bytes	○
Min Z	double	8 bytes	○
Start of Waveform Data Packet Record	unsigned long long	8 bytes	○
Start of First Extended Variable Length Record	unsigned long long	8 bytes	○
Number of Extended Variable Length Records	unsigned long	4 bytes	○

次のページに続く

表 3 - 前のページからの続き

Number of Point Records	unsigned long long	8 bytes	○
Number of Points by Return	unsigned long long[15]	120 bytes	○

注意：必須ではなく使用されていないPublic Header Block内すべてのフィールドは0で埋める必要がある。

File Signature

File Signatureには4文字の"LASF"が含まれている必要があり、LASの仕様において必須である。これらの4文字はユーザーのソフトウェアでの簡便なファイル種別の初期判定として確認できる。

File Source ID

このフィールドは、0から65,535の値に設定する必要がある。値0は、IDが割り当てられていない意味であると解釈される。このIDは通常では、複数のデータセットが結合・集約された(例：複数の断片から統合されたタイルデータ)場合にデータの由来を追跡するために使用される。

このスキームによって、プロジェクトに最大65,535個の一意のソースを含めることができる。ソースの例にはデータリポジトリIDや、航空機搭載システムのフライトラインやソート番号、モバイルシステムのルート番号、スタティックシステムのセットアップ識別子など、時間的に一貫性のあるオリジナルデータの収集を含めることができる。

Global Encoding

これはファイルに関する特定のグローバルプロパティを示すために使用されるビットフィールドである。LAS 1.2 (このフィールドが導入されたバージョン)では、下位ビットのみが定義される(設定すると符号なし整数の値が1になるビット)。このビットフィールドは次のように定義される。

表 4: Global Encoding - ビットフィールドエンコード

ビット	フィールド名	説明
0	GPS Time Type	ポイントレコードの GPS 時刻の意味。このビットが設定されていない場合、ポイントレコードフィールドの GPS 時刻は(LAS のバージョン 1.0 から 1.2 までと同じく) GPS 週時間になる。それ以外の場合、このビットが設定されていると、GPS時刻は標準 GPS時刻 (衛星GPS時刻) から 1×10^9 (調整済み標準GPS時刻) を引いたものになる。オフセットにより、時間がゼロ近くに帰り、浮動小数点の分解能が向上する。標準GPS時刻の起点は、1980年1月6日の深夜0時として定義されている。
1	Waveform Data Packets Internal	このビットが設定されている場合、波形データパケットはこのビット内に存在する (このビットはビット 2 と相互に排他的であることに注意)。これは現在、非推奨である。
2	Waveform Data Packets External	このビットが設定されている場合、波形データパケットは外部の、ファイルと同じ名称で拡張子*.wdpの参照ファイル内に配置される (このビットはビット 1 と相互に排他的であることに注意)。
3	Synthetic Return Numbers	このビットがセットされている場合、wのポイントリターン番号は合成的に生成されたものである。これは例えば、最初のリターンファイルと最後のリターンファイルを組み合わせる場合や、複数のリターンを直接サポートしていないシステムのリターン番号をシミュレートする場合などに用いられる。
4	WKT	設定されている場合、座標参照系(CRS)はWKTである。設定されていない場合、CRSはGeoTIFFである。ファイルを記述する際に後方互換性を確保したい場合(つまり、CRSがGeoTIFFでなければならない場合)は設定すべきではない。
5:15	Reserved	ゼロ (0) に設定する必要がある。

Project ID (GUID Data)

完全なGlobally Unique Identifier (GUID)を構成する 4 つのフィールドは、プロジェクト識別子(Project ID)として使用するために予約されている。このフィールドはオプションのままである。プロジェクトIDの割り当て時期は、処理ソフトウェアの裁量に委ねられている。プロジェクトID は、一意のプロジェクトに関連付けられているすべてのファイルで同一である必要がある。プロジェクトIDを割り当て、ファイルソースID (上記で定義) を使用することで、プロジェクト内のすべてのファイルとファイル内のすべてのポイントをグローバルに一意に識別することができる。

注意：プロジェクトIDフィールドをGUIDとして表す実装例は、LAS の公式 wiki で見ることができる。 <https://github.com/ASPRSorg/LAS/wiki>

Version Number(バージョン番号)

バージョン番号は、メジャーフィールドとマイナーフィールドで構成される。メジャーフィールドとマイナーフィールドを組み合わせ、現在の仕様自体のフォーマット番号を示す番号を形成する

。例えば、仕様番号 1.4 には、メジャーフィールドに 1、マイナーフィールドに 4 が含まれる。なお、LAS Working Group は、メジャーまたはマイナーのバージョン番号に特定の意味を関連付けてはいない。

System Identifier(システムID)

バージョン1.0の仕様では、LASファイルは専らハードウェアセンサーによる収集の結果として生成されるものと想定されていた。以降のバージョンでは、ファイルは既存のデータファイルの抽出、統合、または変更によって生成されることが多いと認識されている。したがってシステム ID は次のようになる。

表 5: System Identifier(システム ID)

生成手段	システム ID
ハードウェアシステム	ハードウェアを識別するための文字列 (例: "ALTM 1210", "ALS50", "LMS-Q680i", 等)
1 以上のファイルの統合	"MERGE"
1 つのファイルの変更	"MODIFICATION"
1 つ以上のファイルからの抽出	"EXTRACTION"
再投影、再拡張、歪み補正など	"TRANSFORMATION"
その他の操作	"OTHER" もしくは操作を識別するための 32 文字までの文字列

Generating Software(生成ソフトウェア)

この情報は、生成ソフトウェア自体を記述するためのASCIIデータである。このフィールドは、LASファイル作成時に使用された生成ソフトウェアパッケージとバージョンを指定するための機能である(例: "TerraScan V-10.8"、"REALM V-4.2" など)。文字データが32文字未満の場合、残りのデータは null である必要がある。

File Creation Day of Year(ファイル作成日)

このファイルが作成された日を unsigned short型として表現する。日はグリニッジ標準時(GMT)日として計算される。1月1日は1と見なされる。

File Creation Year(ファイル作成年)

ファイルが作成された4桁の数字で表される年。

Header Size(ヘッダー サイズ)

Public Header Block 自体のバイト単位サイズである。LAS 1.4 の場合、このサイズは 375 バイトである。ヘッダーの末尾にデータが追加されることによるLAS仕様の改訂により、ヘッダーが拡張された場合、ヘッダーサイズフィールドは新しいヘッダーサイズに更新される。Public Header Block は、ユーザーによって拡張されることはない。

Offset to Point Data(ポイントデータへのオフセット)

ファイルの先頭から最初のポイントレコードの最初のフィールドまでの実際のバイト数。ソフトウェアが可変長レコード(VLR)にデータを追加/削除する場合、このオフセット値は更新される必要がある。

Number of Variable Length Records(可変長レコード(VLR)の数)

このフィールドには、ポイントデータ・レコードの前にあるファイルに格納されているVLRの現在の数が含まれる。VLRの数を変更された場合は、この数を更新する必要がある。

Point Data Record Format(ポイントデータ・レコード形式)

ポイントデータ・レコードは、ファイルに含まれるポイントデータ・レコードの種類を示している。LAS 1.4 では、タイプ 0 から 10 が定義されている。これらのタイプは本書の *Point Data Records* (ポイントデータ・レコード) セクションで定義されている。

Point Data Record Length(ポイントデータ・レコード長)

ポイントデータ・レコードのバイト単位のサイズ。1つの LAS ファイル内のポイントデータ・レコードは、すべて同じタイプ・同じ長さである必要がある。指定されたサイズが、ポイントフォーマットタイプが示すサイズよりも大きい場合（例えば、タイプ1の規定の28バイトに対して32バイト）、残りのバイトはユーザー固有の“extra bytes”となる。このような“extra bytes”の形式と意味は、(オプションで)*Extra Bytes* (追加バイト) VLRで記述できる。

Legacy Number of Point Records(従来のポイントレコード数)

このフィールドには、ファイルが後方互換性を維持しており、ポイント数が `UINT32_MAX` 以下で、ポイントデータ・レコード形式が6未満の場合、ファイル内のポイントレコードの総数が含まれる。それ以外の場合は、ゼロに設定する必要がある。

Legacy Number of Points by Return(リターンごとの従来のポイント数)

もしファイルが後方互換性を維持しており、ポイント数が `UINT32_MAX` 以下で、ポイントデータ・レコード形式が6未満の場合、これらのフィールドにはリターンごとの合計ポイントレコードの配列が含まれる。それ以外の場合は、配列の各メンバーをゼロに設定する必要がある。

最初の値は最初のリターンからのレコードの総数になり、2番目の値にはリターン2の合計数が含まれ、以下同様に最大5つのリターンが含まれる。

X, Y, and Z Scale Factors(X, Y, Z 縮尺係数)

縮尺係数フィールドには、ポイントレコード内の対応するX、Y、Zの `long`値での尺度を設定するために使用される倍精度浮動小数点値が含まれている。対応する X、Y、Z 縮尺係数に対して、X、Y、Z のポイントレコード値を乗算し、実際の X、Y、Z 座標を取得する必要がある。例えばX、Y、Z 座標が小数点以下2桁まで持つように入力されている場合、各縮尺係数には数値0.01が格納される。

X, Y, and Z Offsets(X, Y, Z オフセット)

オフセットフィールドは、ポイントレコードの全体的なオフセットを設定するために使用される。これらの数値は通常ゼロになるが、場合によっては、投影法によってはポイントデータの解像度が充分でない場合、ゼロでない値が使用される。いずれにせよ、これらの数値は常に使用されているものとして考える必要がある。

例えば、ポイントレコードから特定の X 座標を計算するには、ポイントレコードの X に X 縮尺係数を乗じてから、X オフセットに追加する。

$$X_{coordinate} = (X_{record} * X_{scale}) + X_{offset} \quad (1)$$

$$Y_{coordinate} = (Y_{record} * Y_{scale}) + Y_{offset} \quad (2)$$

$$Z_{coordinate} = (Z_{record} * Z_{scale}) + Z_{offset} \quad (3)$$

X, Y, Zの最大値と最小値 (Max and Min X, Y, Z)

最大と最小のデータフィールドは、LAS データの座標系で指定された、LAS ポイントファイルデータのスケールされていない実座標値での範囲である。

Start of Waveform Data Packet Record(波形データパッケージレコードの開始)

この値は、LAS ファイルの先頭から波形データパッケージレコード(Waveform Data Package Record)の最初のバイトまでのオフセットを、バイト単位で指定する。これは波形データパッケージ(Waveform Data Packet)ヘッダーの最初のバイトになる。波形レコードがファイル内に含まれていない場合や外部に保存されている場合は、この値はゼロでなければならない。LAS 1.4 では複数の拡張可変長レコード(EVLR)が許可されており、波形データパッケージレコードは必ずしもファイル内の最初のEVLRではないことに注意されたい。

Start of First Extended Variable Length Record(最初の拡張可変長レコードの開始)

この値は、LASファイルの先頭から最初のEVLRの最初のバイトまでのオフセットをバイト単位で指定する。ソフトウェアが可変長レコードまたはポイントレコードにデータを追加または削除する場合は、このオフセット値を更新する必要がある。

Number of Extended Variable Length Records(拡張可変長レコードの数)

このフィールドは、ポイントデータコードのファイル内で、その後に保存されているEVLR(波形データパッケージレコードが存在する場合を含む)の現在の数を保持する。EVLRの数を変更された場合は、この数を更新する必要がある。EVLRがない場合この値はゼロである。

Number of Point Records(ポイントレコード数)

このフィールドには、ファイル内のポイントレコードの総数が含まれる。このフィールドは、互換性の意図に関係なく、常に正しく入力する必要があることに注意されたい。

Number of Points by Return(リターンによるポイント数)

これらのフィールドには、リターンごとの合計のポイントレコードの配列が含まれる。最初の値は最初のリターンからのレコードの総数であり、2番目の値にはリターン2の合計数が含まれ、以下同様に最大15のリターンが含まれる。これらのフィールドは、互換性の意図に関係なく、常に正しく入力する必要があることに注意されたい。

2.5 VLR: Variable Length Records(可変長レコード)

Public Header Block の後には、任意の数の可変長レコード (VLR) を配置することができる。ただし、その合計サイズがPoint Record データへのオフセットがunsigned long (Public Header Block の“Offset to Point Data”) でアクセスできる範囲に限られる。VLRの数は、“Public Header Block”の“Number of Variable Length Records”フィールドで指定する。各VLRのサイズはVLRヘッダーに含まれているため、VLRに順次アクセスする必要がある。各VLRヘッダー長は54バイトである。

表 6: 可変長レコード(VLR)ヘッダー

項目	データ型	サイズ	必須
Reserved	unsigned short	2 bytes	
User ID	char[16]	16 bytes	○
Record ID	unsigned short	2 bytes	○
Record Length After Header	unsigned short	2 bytes	○
Description	char[32]	32 bytes	

Reserved

この値はゼロに設定する必要がある。

User ID

User IDフィールドは、VLRを作成したユーザーを識別するASCII 文字列データである。異なるUser IDを持つ異なるソースからの複数のVLRを持つことができる。文字列データが16文字未満の場合、残りのデータは nullでなければならない。VLRsで設定されるUser ID重複の回避等については、LASデータの流通・運用を担う機関としてのASPRS（より正確にはLAS Working Group (LWG)）にて適正に管理される必要がある。

Record ID

Record ID は User ID に依存する。User IDごとに0~65,535の Record ID を使用できる。LAS仕様は、独自の Record ID（仕様が所有する User ID）を管理する。それ以外の場合、Record IDは指定された User ID の所有者によって管理される。したがって、各 User ID は 0~65,535の Record ID を任意の方法で割り当てることができる。与えられたRecord IDの意味を公表することは、与えられたUser IDの所有者に任されている。不明な User ID と Record ID の組み合わせは無視する必要がある。

Record Length After Header(ヘッダー後のレコード長)

レコード長は、ヘッダーの標準部分の終わりの後にくるレコードのバイト数である。したがって、レコード長全体は、54バイト (VLR のヘッダーサイズ) にレコードの可変長部分のバイト数を加えたものになる。

Description(説明文)

データに対する任意のテキスト説明文。残りの未使用の文字は null である必要がある。

2.6 Point Data Records(ポイントデータ・レコード)

ソフトウェアは、Public Header Block 内の “Offset to Point Data” フィールドを使用して、最初のポイントデータ・レコードの開始位置を特定する必要がある。すべてのポイントデータ・レコードは同じ型(つまり、ポイントデータ・レコード形式)でなければならないことに注意されたい。

ポイントデータ・レコード形式(PDRF : Point Data Record Formats) 6-10は、ポイントデータ・レコードのコア情報のいくつかの側面、特に256クラスのサポートと特定の “Overlap” ビットを改善した。すべてのPDRF (0-10)はLAS 1.4でサポートされているが、推奨されるフォーマットは6-10である。従って、PDRF 0-5 は互換フォーマットとして割り当てられる。

Required Point Attributes(必須のポイント属性)

「必須 (Required) 」のポイント属性には、可能な限り関連する値を入力する必要がある。未使用の場合、「必須」ではないポイント属性は、データ型のゼロに相当する値に設定する必要がある(つまり、浮動小数点型の場合は0.0、ASCIIの場合はnull、整数の場合は0)。

仮に「必須」ポイント属性を特定の技術に適用できない場合(パッシブセンサーのスキャン方向など)には、属性を指定のデフォルト値に設定する必要がある。このデフォルト値は、属性の説明で指定されていない場合はゼロとなる。

Aggregate Model Systems(集約モデルシステム)

直接測定システムではなく、集計モデル内の複数の観測値から派生したポイントには、特定のデータセットに対して一貫したスキームを用いて、有効な値を割り当てる必要がある。例えば、写真測量的に派生された点群の場合、点が派生された最新の写真に関連付けられた値に基づいて、Point Source ID、GPS Time、およびScan Angleを点に割り当てることができる。この推奨が適用されるシステムの例としては、写真測量で得られた点群や、コンセンサスモデルで処理された Geiger-mode lidar がある。以下、これらのシステムを総称して「集約モデルシステム(Aggregate Model Systems)」と表記する。

2.6.1 Point Data Record Format 0(ポイントデータ・レコード形式 0)

ポイントデータ・レコード形式 0 には、ポイントデータ・レコード形式 0 から 5 で共有となる20 バイト分のコアデータが含まれている。

表 7: Point Data Record Format 0

項目	データ型	サイズ	必須
X	long	4 bytes	○
Y	long	4 bytes	○
Z	long	4 bytes	○
Intensity	unsigned short	2 bytes	
Return Number	3 bits (bits 0-2)	3 bits	○
Number of Returns (Given Pulse)	3 bits (bits 3-5)	3 bits	○
Scan Direction Flag	1 bit (bit 6)	1 bit	○
Edge of Flight Line	1 bit (bit 7)	1 bit	○
Classification	unsigned char	1 byte	○
Scan Angle Rank (-90 to +90) – Left Side	signed char	1 byte	○
User Data	unsigned char	1 byte	
Point Source ID	unsigned short	2 bytes	○
Minimum PDRF Size ²⁴		20 bytes	

X, Y, Z

X、Y、および Z 値は、long integerとして格納される。X、Y、Z 値は、スケール値および オフセット値と組み合わせて使用され、*Public Header Block* (公開ヘッダーブロック) セクションで説明したように、各ポイントの座標を決定する。

Intensity(強度)

Intensity値は、パルスリターンをの大きさをintegerで表現したものである。この値は、オプションおよびシステム固有のものである。ただし、可能な場合は常に含める必要がある。Intensity値が含まれていない場合は、この値を0に設定する必要がある。

Intensityが含まれている場合、値に65,536/(センサーの強度ダイナミックレンジ)を掛けることで、常に16ビットのunsigned値に正規化される。たとえば、センサーのダイナミックレンジが10ビットの場合、スケーリング値は(65,536/1,024)になる。この正規化は、異なるセンサーからのデータを正しく統合できるようにするために必要である。

パルスレーザー以外の技術に基づくシステムの場合、Intensityはパルスリターン強度の直接測定ではなく、推定された相対反射率を表す場合があり、複数のソースから導出されている場合がある。

注：次の4つのフィールド(Return Number, Number of Returns, Scan Direction

Flag, and Edge of Flight Line)は、単一バイト内のビットフィールドであることに注意されたい。

Return Number(リターン番号)

²⁴ ポイントデータレコードサイズは、PDRFに必要な最小値よりも大きくなる可能性があることを想起させる。これらの「追加バイト」は、標準のポイントレコードフィールドに従い、*Extra Bytes* (追加バイト) VLRセクションで説明されている。

Return Numberは、一つの出力パルスに関わるリターン番号である。一つの出力レーザーパルスは多くのリターンを持つことができ、それらはリターンした順序で記録されなければならない。最初のリターンはリターン番号が1、次のリターン番号は2というように、最大5つのリターンになる。リターン番号は1からリターン数までの範囲である必要がある。

複数のリターンを記録できないシステムの場合、リターン番号は1つに設定する必要がある。ただし、合成されたものであり、Synthetic Return Number Global Encoding ビットが設定されている場合は、この限りではない。

Number of Returns (Given Pulse)(パルスのリターン数)

リターン数は、一つのパルスのリターンの総数である。例えば、レーザーデータポイントは、リターンの総数が最大5であるうちの2(リターン番号)を返すことができる。

複数のリターンを記録できないシステムの場合、リターン数を1に設定する必要がある。ただし、合成されたものであり、Synthetic Return Number Global Encoding ビットが設定されている場合は、この限りではない。

Scan Direction Flag(スキャン方向フラグ)

スキャン方向フラグは、出力パルスの時点でスキャナーミラーが移動していた方向を示す。1のビット値は正のスキャン方向、0のビット値は負のスキャン方向である(正のスキャン方向は、進行方向の左側から右側に移動し、負の方向だと反対になる)。

集約モデルシステムまたは、測定システムに回転コンポーネントが含まれていない場合は、スキャン方向フラグを0に設定する必要がある。

Edge of Flight Line Flag(フライトラインフラグのエッジ)

Edge of Flight Line Flagの値は、ポイントがスキャンの終了時のみ1になる。これは、方向が変わる前、またはミラーファセットが変化する前の、特定のスキャンライン上の最後のポイントである。

このフィールドは、集約モデルシステムまたは360度視野のスキャナー(地上レーダースキャナーなど)には意味がないことに注意されたい。このような場合は、Edge of Flight Line Flagを0に設定する必要がある。

Classification(クラス分類)

このフィールドは、ポイントの「クラス (分類、class)」属性を表す。ポイントがクラス分類されていない場合は、このバイトを0に設定する必要がある。クラス分類の形式はビットエンコードされたフィールドで、下位5ビットは分類に使用され、上位3ビットはフラグに使用される。ビット定義を表8に、分類値を表9に示す。

表 8: クラス分類ビットフィールドエンコード(ポイントデータレコードフォーマット 0-5)

ビット	フィールド名	説明
0:4	Classification	従来のポイントフォーマットの分類表で定義されている0から31までの標準的なASPRSクラス分類(予約済みポイントクラスを参照)。
5	Synthetic	設定されている場合、このポイントは写真測量ステレオモデルからのデジタイズや、波形のトラバース等、直接観察とは別の手法によって作成されている。ポイント属性の解釈は、非合成ポイントとは異なる場合がある。未使用の属性は、適切な既定値に設定する必要がある。
6	Key-Point	設定されている場合、このポイントはモデルキーポイントと見なされる。したがって、一般的に間引きアルゴリズムで留保・削除してはならない。
7	Withheld	設定されている場合、このポイントはプロセスに含めるべきではない(削除済みと同義)。

注：ビット 5、6、および 7 はフラグとして扱われ、任意の組み合わせで設定または解除できることに注意されたい。例えばビット 5 と 6 の両方が 1 として設定され、下位 5 ビットが 2 に設定されているポイントは、合成的(synthetic)に収集されかつ、モデルのKey-PointとしてマークされたGroundポイントになる。

予約済みポイントクラス

クラス分類は次の基準に従う必要がある。

表 9: ASPRS 標準ポイントクラス(ポイントデータレコードフォーマット 0から5)

クラス値 (ビット 0:4)	クラス名	備考
0	Created, Never Classified	分類対象外
1	Unclassified ²⁵	未分類
2	Ground	地表面
3	Low Vegetation	植生 (低)
4	Medium Vegetation	植生 (中)
5	High Vegetation	植生 (高)
6	Building	建物
7	Low Point (Noise)	ローポイント (ノイズ)
8	Model Key-Point (Mass Point)	モデルのKey-Point (Mass Point)
9	Water	水部
10	Reserved for ASPRS Definition	ASPRS定義で予約済み
11	Reserved for ASPRS Definition	ASPRS定義で予約済み
12	Overlap Points ²⁶	オーバーラップポイント
13～31	Reserved for ASPRS Definition	ASPRS定義で予約済み

注：ビットフィールドに関する注記 – LAS 格納形式は “Little Endian”である。つまり、マルチバイト・データ・フィールドは、下位アドレスの最下位バイトから上位アドレスの最上位バイトまでメモリに格納される。ビットフィールドは常に、ビット0を1にセットすると1、ビット1を1にセットすると2、ビット2を1にセットすると4、というように解釈される。

Scan Angle Rank(スキャン角度ランク)

Scan Angle Rankは、-90 から +90 までの有効範囲を持つ符号付き 1 バイト整数である。Scan Angle Rankは航空機のロールを含むレーザーシステムからレーザーポイントが出力された角度(絶対値で最も近い整数に丸められたもの)である。スキャン角度は +90 ~ -90度の精度の1度以内である。スキャン角度は、0度が天底であり、飛行方向の航空機の左側に対して-90度であることに基づいている角度である。

集計モデルシステムの場合、スキャン角度ランクはコンポーネント測定から割り当てられない限り、ゼロに設定する必要がある。

User Data

このフィールドは、ユーザーの裁量で使用できる。

²⁵ TerraScanなどの現在の一般的な分類ソフトウェアとの互換性を維持するために、0と1の両方をUnclassifiedとして使用している。分類値1の概念を拡張して、データが分類アルゴリズムの対象となったが未定義の状態で出現した場合を含める。たとえば、クラス0のデータは、人工構造物を検出するアルゴリズムを介して送信される。構造物に属さない点が出現した場合、クラス0からクラス1へ再び割り当てられる可能性がある。

²⁶ オーバーラップポイントは、オーバーラップするフライトラインのマージ中にその場で間引かれたポイントである。一般に、これらのポイントは後で分類されないため、Withheldビットを設定する必要がある。

Point Source ID (ポイントソース ID)

この値はこのポイントが発生したソースを示す。ソースは通常、航空測量でのコース番号や フライト番号、車載システムでのルート番号、据え置き型でのセットアップ識別子など、時間的に一貫性のあるデータのグループとして定義される。このフィールドの有効な値は 1 から 65,535 までである。ゼロは、システム実装者の便宜のために予約されている。

集計モデルシステムの場合、個別の測定から割り当てられない限り、ポイントソースIDを1に設定する必要がある。

2.6.2 Point Data Record Format 1 (ポイントデータ・レコード形式1)

ポイントデータ・レコード形式1は、ポイントデータ・レコード形式0にGPS Timeを追加したものである。

表 10:ポイントデータ・レコード形式 1

項目	データ型	サイズ	必須
X	long	4 bytes	○
Y	long	4 bytes	○
Z	long	4 bytes	○
Intensity	unsigned short	2 bytes	
Return Number	3 bits (bits 0-2)	3 bits	○
Number of Returns (Given Pulse)	3 bits (bits 3-5)	3 bits	○
Scan Direction Flag	1 bit (bit 6)	1 bit	○
Edge of Flight Line	1 bit (bit 7)	1 bit	○
Classification	unsigned char	1 byte	○
Scan Angle Rank (-90 to +90) – Left Side	signed char	1 byte	○
User Data	unsigned char	1 byte	
Point Source ID	unsigned short	2 bytes	○
GPS Time	double	8 bytes	○
Minimum PDRF Size		28 bytes	

GPS Time(GPS時刻)

GPS時刻は、ポイントが観測された倍精度実数型の時間のタグ値である。*Global Encoding*の低ビットがクリアされている場合はGPS週時間、最下位ビットが設定されている場合は調整された標準GPS時刻である。

*集計モデルシステム*の場合、個別の測定から割り当てられない限り、GPS時間はゼロに設定する必要がある。

2.6.3 Point Data Record Format 2(ポイントデータ・レコード形式 2)

ポイントデータ・レコード形式2は、ポイントデータ・レコード形式0と同じであるが、3つのカラーチャンネルが追加されている。これらのフィールドは、通常はカメラからの補助データを使用してポイントを「色付け」するとき使用される。

表 11:ポイントデータ・レコード形式 2

項目	データ型	サイズ	必須
X	long	4 bytes	○
Y	long	4 bytes	○
Z	long	4 bytes	○
Intensity	unsigned short	2 bytes	
Return Number	3 bits (bits 0-2)	3 bits	○
Number of Returns (Given Pulse)	3 bits (bits 3-5)	3 bits	○
Scan Direction Flag	1 bit (bit 6)	1 bit	○
Edge of Flight Line	1 bit (bit 7)	1 bit	○
Classification	unsigned char	1 byte	○
Scan Angle Rank (-90 to +90) – Left Side	signed char	1 byte	○
User Data	unsigned char	1 byte	
Point Source ID	unsigned short	2 bytes	○
Red	unsigned short	2 bytes	○
Green	unsigned short	2 bytes	○
Blue	unsigned short	2 bytes	○
Minimum PDRF Size		26 bytes	

Red, Green, and Blue(赤、緑、青)

このポイントに関連付けられたR (赤)、G (緑)、B (青) のイメージチャンネル値。

注：R、G、Bの値は、常に16ビット値に正規化する必要がある。例えば、1チャンネルピクセルあたり8ビットのものをエンコードする場合は、これらのフィールドに格納される前に、各チャンネル値に256を乗じる。この正規化により、さまざまなカメラのビット深度のカラー値を正確に統合できる。

2.6.4 Point Data Record Format 3(ポイントデータ・レコード形式3)

ポイントデータ・レコード形式3は、ポイントデータ・レコード形式2と同じで、GPS時間が追加されている。

表 12:ポイントデータ・レコード形式 3

項目	データ型	サイズ	必須
X	long	4 bytes	○
Y	long	4 bytes	○
Z	long	4 bytes	○
Intensity	unsigned short	2 bytes	
Return Number	3 bits (bits 0-2)	3 bits	○
Number of Returns (Given Pulse)	3 bits (bits 3-5)	3 bits	○
Scan Direction Flag	1 bit (bit 6)	1 bit	○
Edge of Flight Line	1 bit (bit 7)	1 bit	○
Classification	unsigned char	1 byte	○
Scan Angle Rank (-90 to +90) – Left Side	signed char	1 byte	○
User Data	unsigned char	1 byte	
Point Source ID	unsigned short	2 bytes	○
GPS Time	double	8 bytes	○
Red	unsigned short	2 bytes	○
Green	unsigned short	2 bytes	○
Blue	unsigned short	2 bytes	○
Minimum PDRF Size		34 bytes	

2.6.5 Point Data Record Format 4(ポイントデータ・レコード形式 4)

ポイントデータ・レコード形式 4 は、ポイントデータ・レコード形式 1 に Wave Packetsを追加する。

表 13:ポイントデータ・レコード形式 4

項目	データ型	サイズ	必須
X	long	4 bytes	○
Y	long	4 bytes	○
Z	long	4 bytes	○
Intensity	unsigned short	2 bytes	
Return Number	3 bits (bits 0-2)	3 bits	○
Number of Returns (Given Pulse)	3 bits (bits 3-5)	3 bits	○
Scan Direction Flag	1 bit (bit 6)	1 bit	○
Edge of Flight Line	1 bit (bit 7)	1 bit	○
Classification	unsigned char	1 byte	○
Scan Angle Rank (-90 to +90) – Left Side	signed char	1 byte	○
User Data	unsigned char	1 byte	
Point Source ID	unsigned short	2 bytes	○
GPS Time	double	8 bytes	○
Wave Packet Descriptor Index	unsigned char	1 byte	○
Byte Offset to Waveform Data	unsigned long long	8 bytes	○
Waveform Packet Size in Bytes	unsigned long	4 bytes	○
Return Point Waveform Location	float	4 bytes	○
Parametric dx	float	4 bytes	○
Parametric dy	float	4 bytes	○
Parametric dz	float	4 bytes	○
Minimum PDRF Size		57 bytes	

Wave Packet Descriptor Index(波形パケット記述子インデックス)

この値に99を加えた値は、*Waveform Packet Descriptor* (波形パケット記述子) のレコードIDであり、このポイントレコードに関連付けられた波形パケットを記述するユーザー定義レコードを示す。波形パケットを記述する最大255の異なるユーザー定義レコードがサポートされている。値がゼロの場合は、このポイントレコードに関連付けられた波形データがないことを示す。

Byte Offset to Waveform Data(波形データへのバイトオフセット)

波形パケットデータは、LASファイルの拡張可変長レコード(EVLR)または外部参照 ^{*}.wdp ファイルに格納される。バイトオフセットは、波形データ可変長レコード (または外部ファイル) 内のPoint Recordの波形パケットの開始位置を、*Waveform Data Packets* (波形データパケット) ヘッダーの先頭と関連付いて示すものである。ファイルの先頭からの波形パケットの先頭の絶対位置は、次式で与えられる。

波形データパケットレコードの開始 + 波形データへのバイトオフセット

LASファイル内に格納されている波形パケットの場合

波形データへのバイトオフセット

参照 *****.wdpファイルに格納されているデータの場合

Waveform Packet Size in Bytes(波形パケットサイズ(バイト単位))

このリターンに関連付けられた波形パケットのバイト単位のサイズ。各波形は、同じ波形パケット記述子インデックスを持つものであっても、パケット圧縮のために異なるサイズになる可能性があることに注意されたい。また、波形パケットはレコードを順番に保存する必要がないため、波形パケットデータへのバイトオフセット値を介してのみ配置されることにも注意されたい。

Return Point Waveform Location(リターンポイント波形位置)

任意の「アンカーポイント(anchor point)」からこのポイントレコードの波形パケット内の位置までの時間オフセットをピコ秒(10^{-12})で表したものの。

Parametric dx, dy, dz(パラメトリック dx, dy, dz)

これらのパラメータは、関連する波形に沿ってポイントを外挿するためのパラメトリックライン方程式を定義する。波形に沿った位置は次式で与えられる。

$$X = X_0 + t * dx \quad (4)$$

$$Y = X_0 + t * dy \quad (5)$$

$$Z = X_0 + t * dz \quad (6)$$

ここで、 (X,Y,Z) は派生ポイントの空間位置、 (X_0,Y_0,Z_0) は「アンカー」ポイントの位置、 t はピコ秒単位の時間でアンカーポイントからの相対的な時間である。

アンカーポイントは、関連する波形の原点にある任意の位置(つまり、アンカーポイントの位置で、 $t = 0$ となる)であり、座標は次のように定義される。

$$X_0 = X_p + L * dx \quad (7)$$

$$Y_0 = Y_p + L * dy \quad (8)$$

$$Z_0 = Z_p + L * dz \quad (9)$$

ここで、 (X_p,Y_p,Z_p) はこのポイントレコードの変換位置(double型)であり、 L はこのポイントレコードのリターンポイント波形位置である。

X 、 Y 、 Z の単位は、LASデータの座標系の単位である。地理座標系である場合、水平方向の単位は10進数で、垂直方向の単位はメートルである。

注：LASの波形エンコーディングについてさらに明確にしたいユーザーは、公式のLASウィキ(wiki)で詳細を学ぶことを推奨する。 <https://github.com/ASPRSorg/LAS/wiki>

2.6.6 Point Data Record Format 5(ポイントデータ・レコード形式 5)

ポイントデータ・レコード形式 5 は、ポイントデータ・レコード形式 3 に Wave Packetsを追加する。

表 14: ポイントデータ・レコード形式 5

項目	データ型	サイズ	必須
X	long	4 bytes	○
Y	long	4 bytes	○
Z	long	4 bytes	○
Intensity	unsigned short	2 bytes	
Return Number	3 bits (bits 0-2)	3 bits	○
Number of Returns (Given Pulse)	3 bits (bits 3-5)	3 bits	○
Scan Direction Flag	1 bit (bit 6)	1 bit	○
Edge of Flight Line	1 bit (bit 7)	1 bit	○
Classification	unsigned char	1 byte	○
Scan Angle Rank (-90 to +90) – Left Side	signed char	1 byte	○
User Data	unsigned char	1 byte	
Point Source ID	unsigned short	2 bytes	○
GPS Time	double	8 bytes	○
Red	unsigned short	2 bytes	○
Green	unsigned short	2 bytes	○
Blue	unsigned short	2 bytes	○
Wave Packet Descriptor Index	unsigned char	1 byte	○
Byte Offset to Waveform Data	unsigned long long	8 bytes	○
Waveform Packet Size in Bytes	unsigned long	4 bytes	○
Return Point Waveform Location	float	4 bytes	○
Parametric dx	float	4 bytes	○
Parametric dy	float	4 bytes	○
Parametric dz	float	4 bytes	○
<i>Minimum PDRF Size</i>		<i>63 bytes</i>	

2.6.7 Point Data Record Format 6(ポイントデータ・レコード形式 6)

ポイントデータ・レコード形式 6 には、ポイントデータ・レコード形式 6 から 10 で共有されるコア 30バイトが含まれている。ポイントデータ・レコード形式 0 から 5 のコア20バイトとの違いは、最大 15のリターンをサポートするためにリターン番号のビット数が多くなり、また、最大256のクラスをサポートするポイントクラス分類のビット数も増え、スキャン角度も(8ではなく16ビットと) より高い精度となっている。GPS時間は必須となった。

表 15: ポイントデータ・レコード形式 6

項目	データ型	サイズ	必須
X	long	4 bytes	○
Y	long	4 bytes	○
Z	long	4 bytes	○
Intensity	unsigned short	2 bytes	
Return Number	4 bits (bits 0-3)	4 bits	○
Number of Returns (Given Pulse)	4 bits (bits 4-7)	4 bits	○
Classification Flags	4 bits (bits 0-3)	4 bits	
Scanner Channel	2 bits (bits 4-5)	2 bits	○
Scan Direction Flag	1 bit (bit 6)	1 bit	○
Edge of Flight Line	1 bit (bit 7)	1 bit	○
Classification	unsigned char	1 byte	○
User Data	unsigned char	1 byte	
Scan Angle	short	2 bytes	○
Point Source ID	unsigned short	2 bytes	○
GPS Time	double	8 bytes	○
<i>Minimum PDRF Size</i>		<i>30 bytes</i>	

注：次の6つのフィールド(Return Number, Number of Returns, Classification Flags, Scanner Channel, Scan Direction Flag, 及び Edge of Flight Line)は、2バイトにエンコードされたビットフィールドである。

Return Number(リターン番号)

リターン番号は、一つの出力パルスに関わるリターンナンバーである。一つの出力レーザーパルスは多くのリターンを持つことができ、それらはリターンした順序で記録されなければならない。最初のリターンにはリターン番号が1、2番目にはリターン番号が2というように、最大15個のリターンになる。リターン番号は1からリターン数(Number of Returns)の間でなければならない。

複数のリターンを記録できないシステムの場合のリターン番号は、合成的に生成され、Synthetic Return Number Global Encodingが設定されていない場合に限り、1に設定する必要がある。

Number of Returns (Given Pulse)(パルスのリターン数)

リターン数は、特定のパルスのリターンの総数である。例えば、レーザーデータポイントは、最大15回のリターンの合計数の中で2(のリターン番号)を返すことができる。

複数のリターンを記録できないシステムの場合のリターン数は、合成的に生成され、Synthetic Return Number Global Encodingが設定されていない場合に限り、1に設定する必要がある。

Classification Flags(クラス分類フラグ)

クラス分類フラグは、ポイントに関連付けられた特別な特性を示すために使用される。ビット定義は次のとおりである。

表 16: 分類ビットフィールドエンコード (ポイントデータ・レコード形式 6-10)

ビット	フィールド名	説明
0	Synthetic	設定されている場合、このポイントは写真測量ステレオモデルからデジタル化したり、波形をトラバースしたりして直接観察するのではなく、他の手法によって作成されたことになる。ポイント属性の解釈は、非合成ポイントとは異なる場合がある。未使用の属性は適切な既定値に設定する必要がある。
1	Key-Point	設定されている場合、このポイントはモデルキーポイントと見なされる。したがって、一般的に間引きアルゴリズムで留保・削除されるべきではない。
2	Withheld	設定されている場合、このポイントはプロセスに含めるべきではない(削除済みと同義)。
3	Overlap	設定されている場合、このポイントは2つ以上のスワスまたはテイクのオーバーラップ領域内にある。このビットを設定することは(この文書以外の仕様で要求されない限り)必須ではないが、オーバーラップ点の分類を保存することができる。

注：これらのビットはフラグとして扱われ、任意の組み合わせで設定または解除できる。例えば、ビット 0 と 1 の両方が 1 に設定され、分類(Classification)フィールドが 2 に設定されているポイントは、合成的に生成され、モデルキーポイントとしてマークされた地表(Ground)ポイントになる。

Scanner Channel(スキャナーチャンネル)

スキャナーチャンネルは、マルチチャンネルシステムチャンネル(スキャナーヘッド)を示すために使用される。チャンネル 0 は、シングルスキャナーシステムに使用される。最大 4 つのチャンネルがサポートされる(0-3)。

集約モデルシステムの場合、コンポーネント測定から割り当てられない限り、チャンネルはゼロに設定されるべきである。

Scan Direction Flag(スキャン方向フラグ)

スキャン方向フラグは、出力パルスの時点でスキャナーミラーが移動していた方向を示す。ビット値 1 は正のスキャン方向で、ビット値 0 は負のスキャン方向である(正のスキャン方向は進行方向の左側から右側に移動する場合であり、負はその逆を意味する)。

集約モデルシステムの場合、または測定システムに回転成分が含まれていない場合は、スキャン方向フラグをゼロに設定する必要がある。

Edge of Flight Line Flag(フライトラインフラグの端)

フライトラインフラグの端の値は、ポイントがスキャンの終了時のみ 1になる。これは方向が変わる前、またはミラーファセットが変化する前の、特定のスキャンライン上の最後のポイントである。

このフィールドは、集約モデルシステムまたは360度視野スキャナー(地上LIDARスキャナーなど)には意味がないことに注意されたい。このような場合は、フライトラインフラグの値を 0 に設定する必要がある。

Classification(クラス分類)

クラス分類は、次の基準に従う必要がある。

表 17: ASPRS 標準ポイントクラス分類(ポイントデータ・レコード形式 6-10)

値 (ビット 0:4)	クラス名	備考
0	Created, Never Classified	注 ²⁷ を参照
1	Unclassified	
2	Ground	
3	Low Vegetation	
4	Medium Vegetation	
5	High Vegetation	
6	Building	
7	Low Point (Noise)	
8	Reserved	
9	Water	
10	Rail	
11	Road Surface	
12	Reserved	
13	Wire – Guard (Shield)	
14	Wire – Conductor (Phase)	
15	Transmission Tower	
16	Wire-Structure Connector	例：絶縁体(インシュレーター)
17	Bridge Deck	
18	High Noise	
19	Overhead Structure	例：コンベア、鉱山機械、信号機
20	Ignored Ground	例：ブレークラインの近接
21	Snow	
22	Temporal Exclusion	データソース間の経年変化により除外された特徴 例：水位、地滑り、永久凍土など
23～63	Reserved	
64～255	User Definable	

Scan Angle(スキャン角度)

スキャン角度は、データの座標系の垂直方向に対するレーザーパルスの回転位置を表すsigned short型である。データ座標系の直下は 0.0 位置である。各増分は 0.006 度を表す。センサーの背面から見て進行方向に沿った(正の軌道)方向を向いた反時計回りの回転は正である。正の値の最大値は30,000(データの座標系で真上になる180度)である。負方向の最大値は -30,000 で、これも真上になる。

集約モデルシステムの場合、スキャン角度はコンポーネント測定から割り当てられない限り、ゼロに設定する必要がある。

²⁷ TerraScanなどの現在の一般的な分類ソフトウェアとの互換性を維持するために、0と1の両方を未分類として使用している。分類値1の概念を拡張して、データが分類アルゴリズムの対象となったが、未定義の状態で見出された場合を含める。たとえば、クラス0のデータは、人工構造物を検出するアルゴリズムによって構造物以外に分類されたものはクラス0からクラス1に再マッピングされる場合がある。

2.6.8 Point Data Record Format 7(ポイントデータ・レコード形式 7)

ポイントデータ・レコード形式 7 は、ポイントデータ・レコード形式 6 と同じだが、RGB カラーチャンネルが3つ追加されている。これらのフィールドは、通常はカメラからの補足データを使用してポイントを「色付け」するときに使用される。

表 18:ポイントデータ・レコード形式 7

項目	データ型	サイズ	必須
X	long	4 bytes	○
Y	long	4 bytes	○
Z	long	4 bytes	○
Intensity	unsigned short	2 bytes	
Return Number	4 bits (bits 0-3)	4 bits	○
Number of Returns (Given Pulse)	4 bits (bits 4-7)	4 bits	○
Classification Flags	4 bits (bits 0-3)	4 bits	
Scanner Channel	2 bits (bits 4-5)	2 bits	○
Scan Direction Flag	1 bit (bit 6)	1 bit	○
Edge of Flight Line	1 bit (bit 7)	1 bit	○
Classification	unsigned char	1 byte	○
User Data	unsigned char	1 byte	
Scan Angle	short	2 bytes	○
Point Source ID	unsigned short	2 bytes	○
GPS Time	double	8 bytes	○
Red	unsigned short	2 bytes	○
Green	unsigned short	2 bytes	○
Blue	unsigned short	2 bytes	○
<i>Minimum PDRF Size</i>		<i>36 bytes</i>	

2.6.9 Point Data Record Format 8(ポイントデータ・レコード形式 8)

ポイントデータ・レコード形式 8 は、ポイントデータ・レコード形式 7 に NIR(近赤外)チャンネルが追加されたものである。

表 19:ポイントデータ・レコード形式8

項目	データ型	サイズ	必須
X	long	4 bytes	○
Y	long	4 bytes	○
Z	long	4 bytes	○
Intensity	unsigned short	2 bytes	
Return Number	4 bits (bits 0-3)	4 bits	○
Number of Returns (Given Pulse)	4 bits (bits 4-7)	4 bits	○
Classification Flags	4 bits (bits 0-3)	4 bits	
Scanner Channel	2 bits (bits 4-5)	2 bits	○
Scan Direction Flag	1 bit (bit 6)	1 bit	○
Edge of Flight Line	1 bit (bit 7)	1 bit	○
Classification	unsigned char	1 byte	○
User Data	unsigned char	1 byte	
Scan Angle	short	2 bytes	○
Point Source ID	unsigned short	2 bytes	○
GPS Time	double	8 bytes	○
Red	unsigned short	2 bytes	○
Green	unsigned short	2 bytes	○
Blue	unsigned short	2 bytes	○
NIR	unsigned short	2 bytes	○
<i>Minimum PDRF Size</i>		<i>38 bytes</i>	

NIR(近赤外)

このポイントに関連付けられた NIR (近赤外) チャンネル値。

注：RGB、および NIR の値は常に 16 ビット値に正規化する必要があることに注意されたい。例えば、1チャンネルピクセルあたり8ビットのものをエンコードする場合は、これらのフィールドに格納される前に、各チャンネル値に 256 を乗じる。この正規化により、さまざまなカメラのビット深度のカラー値を正確に統合できる。

2.6.10 Point Data Record Format 9 (ポイントデータ・レコード形式 9)

ポイントデータ・レコード形式 9 は、ポイントデータ・レコード形式 6 に Wave Packets を追加したものである。

表 20: ポイントデータ・レコード形式 9

項目	データ型	サイズ	必須
X	long	4 bytes	○
Y	long	4 bytes	○
Z	long	4 bytes	○
Intensity	unsigned short	2 bytes	
Return Number	4 bits (bits 0-3)	4 bits	○
Number of Returns (Given Pulse)	4 bits (bits 4-7)	4 bits	○
Classification Flags	4 bits (bits 0-3)	4 bits	
Scanner Channel	2 bits (bits 4-5)	2 bits	○
Scan Direction Flag	1 bit (bit 6)	1 bit	○
Edge of Flight Line	1 bit (bit 7)	1 bit	○
Classification	unsigned char	1 byte	○
User Data	unsigned char	1 byte	
Scan Angle	short	2 bytes	○
Point Source ID	unsigned short	2 bytes	○
GPS Time	double	8 bytes	○
Wave Packet Descriptor Index	unsigned char	1 byte	○
Byte Offset to Waveform Data	unsigned long long	8 bytes	○
Waveform Packet Size in Bytes	unsigned long	4 bytes	○
Return Point Waveform Location	float	4 bytes	○
Parametric dx	float	4 bytes	○
Parametric dy	float	4 bytes	○
Parametric dz	float	4 bytes	○
<i>Minimum PDRF Size</i>		<i>59 bytes</i>	

2.6.11 Point Data Record Format 10 (ポイントデータ・レコード形式 10)

ポイントデータ・レコード形式 10 は、ポイントデータ・レコード形式 9 に RGB 値と NIR 値を持つものである。

表 21: ポイントデータ・レコード形式 10

項目	データ型	サイズ	必須
X	long	4 bytes	○
Y	long	4 bytes	○
Z	long	4 bytes	○
Intensity	unsigned short	2 bytes	
Return Number	4 bits (bits 0-3)	4 bits	○
Number of Returns (Given Pulse)	4 bits (bits 4-7)	4 bits	○
Classification Flags	4 bits (bits 0-3)	4 bits	
Scanner Channel	2 bits (bits 4-5)	2 bits	○
Scan Direction Flag	1 bit (bit 6)	1 bit	○
Edge of Flight Line	1 bit (bit 7)	1 bit	○
Classification	unsigned char	1 byte	○
User Data	unsigned char	1 byte	
Scan Angle	short	2 bytes	○
Point Source ID	unsigned short	2 bytes	○
GPS Time	double	8 bytes	○
Red	unsigned short	2 bytes	○
Green	unsigned short	2 bytes	○
Blue	unsigned short	2 bytes	○
NIR	unsigned short	2 bytes	○
Wave Packet Descriptor Index	unsigned char	1 byte	○
Byte Offset to Waveform Data	unsigned long long	8 bytes	○
Waveform Packet Size in Bytes	unsigned long	4 bytes	○
Return Point Waveform Location	float	4 bytes	○
Parametric dx	float	4 bytes	○
Parametric dy	float	4 bytes	○
Parametric dz	float	4 bytes	○
<i>Minimum PDRF Size</i>		<i>67 bytes</i>	

2.7 Extended Variable Length Records (EVLN) (拡張可変長レコード(EVLR))

ポイントレコードデータの後は、任意の数のEVLRが続く場合がある。

EVLRは、本質的にはVLRと同様だが、「ヘッダー後のレコード長」フィールドが2バイトではなく8バイトであるため、より大きなペイロードを格納できる。EVLRの数は、*Public Header Block*の「拡張可変長レコードの数(Number of EVLRs)」フィールドで指定される。最初のEVLRの開始は、*Public Header Block*の「拡張可変長レコードの開始(Start of First EVLR)」によって示されるファイルオフセットにある。拡張可変長レコードは、各可変長レコードのサイズが拡張可変長レコードヘッダーに含まれているため、順次アクセスする必要がある。各拡張可変長レコードヘッダーの長さは60バイトである。

表 22: 拡張可変長レコードヘッダー

項目	データ型	サイズ	必須
Reserved	unsigned short	2 bytes	
User ID	char[16]	16 bytes	○
Record ID	unsigned short	2 bytes	○
Record Length After Header	unsigned long long	8 bytes	○
Description	char[32]	32 bytes	

注：VLRと同様に、「Reserved」フィールドはゼロに設定する必要がある。

2.7.1 Legacy Compatibility for EVLRs (EVLRの後方互換性)

後方互換性を維持したまま書き込む場合は、(内部に保存された波形データを除き)VLRのみを使用する必要がある。後方互換性、即ち、従来LASの読み取りがVLRにのみアクセスすることを気にせず書き込む場合は、座標参照系(CRS)情報などの事前定義されたVLRであっても、EVLRの使用を選択できる。この機能は、例えばユーザーがポイントデータを書き換えることなく、通常ならばVLR内に含まれている情報を更新したい場合に役立つ。(*注)VLRはファイル内においてポイントデータ・レコードより前に記述されるので、VLRの変更によって(サイズが変化すれば)以降のポイントデータ・レコードもファイル内で移動・書き換える必要がある、これに対して、EVLRはポイントデータ・レコードの後方にあるので、EVLRを変更してサイズが変わっても、ファイル内でポイントデータ・レコード部分は書き換える必要がない。

新しいLASF_Specである"*Superseded(置き換え済み)*" VLR (Value 7)が定義され、書き込み時にはVLRを使用すべきではないことを示すことができる。例えばユーザーが新しいWKT EVLRをファイルに追加する場合、既存のWKT VLRのLASF_Specの番号を「置き換え済み(*Superseded*)」に変更して、使用されなくなったことを示す必要がある。

3 Coordinate Reference System VLRs (Required) 座標参照系VLR (必須)

LAS 1.4では、可変長レコード (VLR) と拡張可変長レコード (EVLN) が定義されている。座標参照系 (CRS) VLR はこのセクションで定義され、他の VLR と EVLN は次の2つのセクションで定義される。

3.1 Coordinate Reference System Information (座標参照系情報)

ポイントデータに対する座標参照系 (CRS) 情報はすべてのデータで必須である。CRS情報は、可変長レコードまたは拡張可変長レコードに配置される(書き込み時にレガシー互換性を維持したい場合は、VLRのGeoTIFFを使用する必要があることに注意されたい)。CRS は WKT の *Global Encoding* ビットによって示されるように、GeoTIFF または Well Known Text (WKT) のいずれかで表される。ポイントレコードフォーマット 0 から 5 では、GeoTIFF または WKT のいずれかを使用できるが、両方を同時に使用することはできない。ポイントデータ・レコード形式 6 から 10 では、WKT を使用する必要がある。

3.2 Georeferencing Information Using WKT (WKTを使用したジオリファレンス情報)

WKTの定義については、2001年1月12日にリリースされたOpen Geospatial Consortium (OGC)仕様「OpenGIS coordinate transformation service implementation specification」 rev1.00、セクション7 2001年1月12日リリース (Coordinate Transformation Service Spec (座標変換サービス仕様)²⁸)を参照している。WKTにはいくつかの記述作法があるため、LASではTOWGS84やAuthorityノードを含まない「ESRI WKT」の記述作法は使用していないことに注意されたい。

WKT ジオリファレンス情報は、2つの任意の可変長レコード (OGC 算術変換 WKT レコードと、OGC 座標系 WKT レコード) で指定できる。数学変換 WKT レコードは完全を期すために追加されており、座標系 WKT は数学変換 WKT レコード (パラメータ化された数学変換定義) を必要とする場合と必要としない場合があることに注意されたい。

3.2.1 OGC Math Transform WKT Record (OGC 数学変換 WKT レコード)

User ID	LASF_Projection
Record ID	2111

このレコードには、座標変換サービス仕様のセクション7で定義されている数学変換 WKT を表すテキストデータと、次の注意事項が含まれている。

- OGC 数学変換 WKT VLR データは null で終わるstring型でなければならない。
- OGC 数学変換 WKT VLR データは UTF-8 と見なされる。

²⁸ <https://www.opengeospatial.org/standards/ct>

- OGC 数学変換 WKT VLR データは C locale-based と見なされ、WKT 内の数値文字列のローカリゼーションはされてはならない。（*）小数点はピリオドが使用される、それ以外にカンマなどがあってはいけない。

3.2.2 OGC Coordinate System WKT Record (OGC 座標系 WKT レコード)

User ID	LASF_Projection
Record ID	2112

このレコードには、座標変換サービス仕様のセクション 7 で定義されている座標系 WKT を表すテキストデータと、次の注意事項が含まれている。

- OGC 座標系 WKT VLR データは null で終わる string 型でなければならない。
- OGC 座標系 WKT VLR データは UTF-8 と見なされる。
- OGC 座標系 WKT VLR データは C locale-based と見なされ、WKT 内の数値文字列のローカリゼーションはされてはならない。（*）小数点はピリオドが使用される、それ以外にカンマなどがあってはいけない。

3.3 Georeferencing Information Using GeoTIFF (GeoTIFF を使用したジオリファレンス情報)

GeoTIFF の仕様は <http://geotiff.osgeo.org/> によって定義されている。

LAS 形式の GeoTIFF ジオリファレンスは、GeoTIFF 標準用に開発されたのと同じメカニズムを使用する。可変長ヘッダーレコードセクションには、TIFF ファイルの GeoTIFF キータグに含まれるのと同じデータを含めることができる。LAS はラスタ形式ではなく、各ポイントには独自の絶対位置情報が含まれているため、WKT レコードの代わりに GeoTIFF レコードを使用する場合は、6 つの GeoTIFF タグのうち 3 つだけが必要となる。ModelTiePointTag (33922)、ModelPixelScaleTag (33550)、および ModelTransformationTag (34264) レコードは除外できる。GeoKeyDirectoryTag (34735)、GeoDoubleParamsTag (34736)、および GeoAsciiParamsTag (34737) レコードは使用される。

WKT レコードの代わりに GeoTIFF レコードを使用する場合は、GeoKeyDirectoryTag レコードのみが必要である。GeoDoubleParamsTag レコードと GeoAsciiParamsTag レコードは、GeoKeyDirectoryTag レコードの内容に応じて、存在する場合と存在しない場合がある。

3.3.1 GeoKeyDirectoryTag Record (GeoKeyDirectoryTag レコード)

User ID	LASF_Projection
Record ID	34735

このレコードには、座標系を定義するキーの値が含まれている。完全な記述説明は、GeoTIFF形式の仕様に記載されている。ここに記載するのは実装に興味のある人のためのプログラムの観点からの要約である。

GeoKeyDirectoryTag は、unsigned short型として定義される。プログラムのデータは次のように構造化することができる。

```
struct sGeoKeys {
    unsigned short wKeyDirectoryVersion;
    unsigned short wKeyRevision;
    unsigned short wMinorRevision;
    unsigned short wNumberOfKeys;
    struct sKeyEntry {
        unsigned short wKeyID;
        unsigned short wTIFFTagLocation;
        unsigned short wCount;
        unsigned short wValue_Offset;
    } pKey[1];
};
```

... where ...

```
wKeyDirectoryVersion = 1; // Always
wKeyRevision = 1; // Always
wMinorRevision = 0; // Always
wNumberOfKeys // Number of sets of 4 unsigned shorts to follow
```

表 23: GeoKey 4 つのUnsigned Short型

名前	定義
wKeyID	GeoTIFFデータごとに定義されたキーID。GeoTIFFの仕様に含まれるID。
wTIFFTagLocation	このキーのデータの場所を示す。 <ul style="list-style-type: none"> • 0 は、データがunsigned short型として wValue_Offset フィールドにあることを意味する • 34736は、データが（後述する） GeoDoubleParamsTag レコードのインデックス wValue_Offset にあることを意味する • 34737は、データが（後述する） GeoAsciiParamsTag レコードのインデックス wValue_Offset にあることを意味する
wCount	GeoAsciiParamsTagが指定された場合、その文字列の文字数、それ以外では1。
wValue_Offset	内容は、上記の wTIFFTagLocation の値によって異なる。

3.3.2 GeoDoubleParamsTag Record (任意)

User ID	LASF_Projection
Record ID	34736

このレコードは単に、GeoKeyDirectoryTag のタグセットによって参照される値を含むdouble型の配列である。

3.3.3 GeoAsciiParamsTag Record (任意)

User ID	LASF_Projection
Record ID	34737

このレコードは単にASCIIデータの配列である。これには、null終端の文字列で区切られた多くの文字列が含まれており、GeoKeyDirectoryTag レコード内のデータから位置によって参照される。

4 Other Specification Defined VLRs (Optional)その他の仕様定義 VLR (任意)

4.1 Classification Lookup (分類検索)

User ID	LASF_Spec
Record ID	0
Record Length after Header	256 records * 16 bytes per struct

```
struct CLASSIFICATION {
    unsigned char ClassNumber;
    char Description[15];
}; //total of 16 bytes
```

4.2 Text Area Description (テキスト領域の説明)

User ID	LASF_Spec
Record ID	3

このVLR/EVLRは、LAS ファイルの内容をテキストで説明するために使用される。これは、nullで終わる自由形式の ASCII string型である。

4.3 Extra Bytes (追加バイト)

User ID	LASF_Spec
Record ID	4
Record Length after Header	n descriptors * 192 bytes

Extra Bytes VLR は、標準のポイントレコードの末尾に追加情報を追加できる機能を提供する。この VLR は、以前のバージョンの LAS で使用されていた処理を形式化するために LAS 1.4 に追加された。Extra Bytesの意味を認識していないソフトウェアでは、ファイルを操作するときこれらのバイトを単にコピーするだけであることが想定される。

この VLR は、ポイントにユーザー定義の “extra bytes”が含まれている LAS ファイルにのみ必要である。これは、ポイントレコードサイズがポイントデータ形式に必要な値よりも大きな値に設定されている場合に発生する。例えば、ポイントデータ形式 1 を含む LAS ファイルのポイントレコードサイズが 28 ではなく 32 の場合、4 個の “extra bytes”がある。Extra Bytes VLRには、これらの “extra bytes”のタイプと意味の簡単な説明が含まれているため、アプリケーション間で一貫した方法でアクセスができる。“extra bytes”記述子は次のように定義される。

```

struct EXTRA_BYTES {
    unsigned char    reserved[2];        // 2 bytes
    unsigned char    data_type;          // 1 byte
    unsigned char    options;            // 1 byte
    char             name[32];           // 32 bytes
    unsigned char    unused[4];          // 4 bytes
    anytype          no_data;            // 8 bytes
    unsigned char    deprecated1[16];    // 16 bytes
    anytype          min;                // 8 bytes
    unsigned char    deprecated2[16];    // 16 bytes
    anytype          max;                // 8 bytes
    unsigned char    deprecated3[16];    // 16 bytes
    double           scale;              // 8 bytes
    unsigned char    deprecated4[16];    // 16 bytes
    double           offset;             // 8 bytes
    unsigned char    deprecated5[16];    // 16 bytes
    char             description[32];     // 32 bytes
};                                       // total of 192 bytes

```

たとえば、4個の“extra bytes”は、各リターン値の“echo width”を指定する data_type 9 (4バイトの浮動小数点値)にすることができる。この場合、VLRのペイロードには1つの EXTRA_BYTES 構造体がある。別の例では、VLR ペイロードの4つの EXTRA_BYTES 構造体があって、各ポイントレコードに14個の“extra bytes”を記述することができる。

1. “laser pulse direction [0]” - data_type = 9 (float)
2. “laser pulse direction [1]” - data_type = 9 (float)
3. “laser pulse direction [2]” - data_type = 9 (float)
4. “pulse width” - data_type = 3 (ushort)

この例では、3つの個別のfloat型の配列が集合的にそのポイントの“laser pulse direction”を指定し、1つのunsigned short integer型がそのポイントの“pulse width”を指定する。

“extra bytes”は、一意の名前でアクセスできるようになる。“name”フィールドはLASファイル内のポイントにソフトウェアが追加したポイント属性を区別し、後で他のソフトウェアから一貫した方法でアクセスできるようにする。“normalized reflectivity”、“echo width”、または“shading normal”などのわかりやすい名を推奨する。“variable1”や“temp1”などの汎用名の使用は非推奨である。

複数の連続した“extra byte”レコードは、関連する値の配列を構成することができる。上記の例のように、各メンバーの名前は他のメンバーと一貫しており、角括弧で囲まれたインデックス番号によってのみ変化することを推奨する。ゼロから始まるインデックスの配列を推奨する。LAS 1.4仕様のこれまでの改訂では、標準の2メンバーおよび3メンバー配列を定義するために data_types 11-30を使用していたが、この機能は広く実装されることはなく、実装を簡素化するためにR14²⁹で非推奨になった。

“name”または“description”フィールドの未使用の文字はゼロに設定する必要がある。

²⁹ <https://github.com/ASPRSorg/LAS/issues/1>

表 24: data_typeフィールドの値

値	意味	ディスク上のサイズ
0	undocumented extra bytes	specify value in options field
1	unsigned char	1 byte
2	char	1 byte
3	unsigned short	2 bytes
4	short	2 bytes
5	unsigned long	4 bytes
6	long	4 bytes
7	unsigned long long	8 bytes
8	long long	8 bytes
9	float	4 bytes
10	double	8 bytes
11~30	Deprecated	deprecated
31~255	Reserved	not assigned

表 25: options のエンコードビットフィールド

ビット	フィールド名	説明
0	no_data_bit	設定されている場合 no_data 値は関連する
1	min_bit	設定されている場合 min値 は関連する
2	max_bit	設定されている場合、max値 は関連する
3	scale_bit	設定されている場合、各値に対応するスケール値を掛ける必要がある (offset適用前に)
4	offset_bit	設定されている場合、各値は対応するオフセット値で変換される必要がある (scale適用後に)

“options”フィールドのビットマスクは、値の最小値と最大値の範囲が設定されているか(すなわち、意味があるか)、“extra bytes”が実際の値を計算するために乗算および変換されるスケール値とオフセット値の両方か片方が設定されているか、および NO_DATA として解釈すべき特別な値があるかどうかを特定する。デフォルトでは、すべてのビットが0であり、対応するフィールドの値は無視されることを意味する。未使用の“no_data”、“min”、“max”、“scale”、“offset”のフィールドは全て0に設定されなければならない。

選択した data_type が 8 バイト未満の場合、no_data、min、max フィールドは 8 バイトの容量にアップキャストする必要がある。これらの8バイトは、floatの場合はdoubleにアップキャストされ、unsigned charの場合はunsigned longにアップキャストされ、unsigned longの場合はunsigned long longにアップキャストされ、全てのchar、short、longはlong long にアップキャストされる。

min と max フィールドは、LAS ファイルに含まれる属性の実際の最小値と最大値を、スケールやオフセット値を適用しない生の状態で反映する。

“reserved”、“unused”、および“deprecated”フィールドは 0 に設定する必要がある、将来の改訂で使用される可能性がある。

“extra bytes”が存在するが、それらを記述した Extra Bytes VLR がない場合、または既存の Extra Bytes VLR で説明されているよりも多くの“extra bytes”がある場合、“undocumented extra bytes”がLAS ファイルに含まれる。

“undocumented extra bytes”を含む LAS ファイルに“Extra Bytes”VLR を追加する場合、data_type == 0 と

指定し、オプションビットフィールドに文書化されていないバイト数（undocumented bytes）を格納する必要がある。

Extra Bytes VLR が、各 LAS ポイントが実際に持つよりも多くの“extra bytes”を記述している場合、LAS ファイルには“extra bytes mismatch”が発生する。“extra bytes mismatch”が発生すると、Extra Bytes VLR は無効となる。

4.4 Superseded(置き換え済み)

User ID	LASF_Spec
Record ID	7

この LASF Record ID は、(不要な VLR/EVLR を削除するために)ファイルを書き換えるときに既存の VLR/EVLR を否定するために使用される。例えば、投影情報などのレコードを更新するときに、新しい EVLR が LAS ファイルの末尾に追加されるときに使用される。置き換えられた既存の VLR は、SUPERSEDED Record ID でマークする必要がある。

4.5 Waveform Packet Descriptor(波形パケット記述子)

User ID	LASF_Spec
Record ID	n: where $n > 99$ and $n < 355$

警告：このVLRは、Point Data Record Formats 4、5、9、または10を使用するときに必須である

これらのレコードには、波形パケットの構成を説明する情報が含まれている。システム構成はデータセット全体で異なる場合があるため、LAS ファイルは最大 255 の波形パケット記述子をサポートしている。

表 26: 波形パケット記述子ユーザー定義レコード

項目	データ型	サイズ	必須
Bits per Sample	unsigned char	1 byte	○
Waveform Compression Type	unsigned char	1 byte	○
Number of Samples	unsigned long	4 bytes	○
Temporal Sample Spacing	unsigned long	4 bytes	○
Digitizer Gain	double	8 bytes	○
Digitizer Offset	double	8 bytes	○

サンプルあたりのビット数

2 から 32 ビットがサポートされている。

波形圧縮タイプ

将来的には、標準的な圧縮タイプがLASコミュニティ(ワーキンググループ)によって採用されることが期待されている。このフィールドは、この記述子に関連付けられた波形パケットに使用される圧縮アルゴリズムを示す。値 0 は圧縮なしを示す。現在サポートされている値はゼロのみである。

サンプル数

この波形パケットタイプに関連付けられたサンプル数。この値は常に完全に非圧縮の波形パケットを表す。

時間サンプル間隔

ピコ秒単位での時間サンプル間隔。値の例としては、500、1000、2000 などがあり、それぞれ 2 GHz、1 GHz、500 MHz のデジタイザ周波数であることを表している。

デジタイザゲインとオフセット

デジタイザゲインとオフセットは、生のデジタル化された値を、式を使って絶対的なデジタイザ電圧に変換するために使用される。

$$VOLTS = OFFSET + GAIN * Raw_Waveform_Amplitude$$

注：LAS波形エンコーディングについてさらに明確にしたいユーザーは、公式のLASウィキで詳細を確認することを推奨する。 <https://github.com/ASPRSorg/LAS/wiki>

5 Defined Extended Variable Length Records (EVLRs)(定義済み拡張可変長レコード)

5.1 Waveform Data Packets(波形データパケット)

警告 : Point Data Record Formats 4、5、9、10を使用する場合、このEVLRは内部または外部で必須である

User ID	LASF_Spec
Record ID	65535

このVLRヘッダーの直後に全レコードのRaw Waveform Amplitude 値のパケットが続く。8の偶数倍でないビット分解能を使用する場合、次の波形レコードが偶数バイトの境界から始まるように、各波形パケットの最後のバイトを埋める必要があることに注意されたい。

6 LAS Domain Profiles(LASドメインプロファイル)

LASの基本仕様の派生版で、点群コミュニティの特定のサブセット（沿岸/深淺計測ライダーコミュニティや電力線マッピングコミュニティなど）のアプリケーション固有のニーズを満たすために、ポイントクラスや属性を追加（既存のものを削除または変更しない）したものである。LAS 基本仕様を変更しないように、新しいクラスはポイントデータ・レコード形式 6-10 にのみ追加でき、分類値を 39 より下から開始することはできない。新しい属性は、*Extra Bytes VLR* を使用して組み込む必要がある。ドメインプロファイルの開発は、プロファイル間の不必要な重複や競合(クラス番号の競合など)を避けるために調整することを強く推奨する。

6.1 LAS Domain Profile Description(LAS ドメインプロファイルの説明)

特定のドメインプロファイルの仕様である。記述には以下を含める必要がある。

1. 目的と用途の概要
2. 新しいポイント分類の表(PDRF 6-10)
3. *Extra Bytes VLRs* を使用して格納される新しい属性のテーブル(単位、データ型、名前、データなし、スケール、および説明のフィールドが含まれている必要がある)

LAS ワーキンググループによってレビューおよび審査・承認された LAS ドメインプロファイルの説明は、ASPRSの Web サイトに掲載される。ドメインプロファイルの説明のテンプレートは、ASPRS のホームページ³⁰で入手できる。

³⁰ <https://www.asprs.org/committee-general/laser-las-file-format-exchange-activities.html>