

3Dスキャナ計画書

概要：	2/
開発の目標：	2/
想定用途：	2/
レーザレーダ・ヘッドの特徴：	3/
将来の展開：	3/
開発プロジェクト：	3/
安全性：	3/
LD90-31K：	3/
実質安全性：	3/
レーザ安全基準IEC60825-1から見た問題：	3/
構成要素：	5/
ハードウェア：	5/
ソフトウェア	5/
ハードウェア：	6/
レーザレーダ：	6/
3Dタイプ 3D-Scanner LMS-Z160/60	6/
3Dスキャナの機種変更	7/
1Dタイプ LD90-3800ECP-LP	8/
1Dタイプ LD90-31K	9/
自動経緯台：	10/
資材見積もり：	10/
角度分解能：	10/
姿勢制御：	10/
重力ベクトルセンサ、磁気ベクトルセンサ：	10/
電源部	11/
パソコン周辺装置：	12/
ノートPC：	12/
ソフトウェア：	13/
基本構想：	13/
指針：	13/
言語など：	13/
モジュール：	13/
支援モジュール：	13/
数理モジュール：	13/
変換表現モジュール：	13/
アプリケーション：	13/
データ取得：	13/
データ観察：	13/

3D スキャナ計画書

補助対象： 山地・河川を対象とする自動化した3次元形状測定装置
総額： 2700～3000万円

概要：

現在、市販または実現されている3Dスキャナは最大でも10メートル規模の構造物、工作物を0.1mm～3mm程度で測定するものです。これの測定時間は分解能にもよりますが日オーダとなっています。

リーグル社のレーザレーダを使ったシステムは一般的に画像化するだけで、CADデータ化、防災用途への自動化などはまったく存在していません。

今回の計画は、山地・河川を対象とする自動化した3次元形状測定装置で5mm～20cm精度で数m～1kmまでの測定をする装置で、CADのベースとなるCADデータを生成します。

測定時間はレーザレーダ機種の距離性能とシステム重量とトレードになり150m～1500mまでを数秒から数時間の範囲で測定して3Dモデルを作ることができるようになります。今回の開発は多種類あるレーザレーダのうち可能範囲では両極端のシステム化を実行する。

- 高速にデータを収集するが短距離 フレーム縦10度あたり1秒 300mぐらいまで
- 低速動作だけれど最長距離 1ドットあたり2秒 標準1km、最高3km

リーグルのレーザレーダ以外にも、近距離(30m)ではミリ精度のヘッドが存在する(10～30万円)のでこれらと組み合わせることにより工作物の高精度測定に対応できる。

開発の目標：

分解すれば15kg未満に納まる、電源、コントローラ、三脚、レーザヘッドの4部となる。

人が行ける範囲でどこにでも行き、災害(洪水、火山、崖崩れ、土砂崩れ)で迅速に測定し対策の参考になるデータ(CAD、3D観察)ができる。

高速スキャン装置の出力は、断面図、OpenGLやActiveXによる3D、可能ならテクスチャーマッピングして任意角度、任意断面で観察できる。

低速スキャン装置は、全体の3D図形が必要ではなく、ある断面が必要な場合があるので、3D空間上の表面の任意点を2～数点指定して、その点列をつなぐスプラインまたは直線と鉛直面と地形表面の交差する断面を測定することができるようにする。

測定点の指定手法など、カメラとの連携が必要となる。

余談：

別件の実験研究があり、その企画で300×400×100mmを加工できるNCフライスを購入予定です。工作精度は10ミクロン、アルミから鉄材まで。

想定用途：

- 地形測量 公園業、山林や河川の管理図面
- 防災 土砂崩れの子知、崖の管理、堤防の決壊や土石流などの監視
- 災害処理 災害後の対策補助
- 救難 闇でも見ることができるので航空機に積載して観察できる
- 防犯
- 遺跡調査
- 3Dモデル作成一般

レーザーダ・ヘッドの特徴：

0.9nm（赤色の少し外）で光が見えない、しかし近赤外なので霧などの傷害を受けやすく風景を人が見て、たとえば望遠鏡で見て木の葉が見えないような空気の透明度では測定ができない。

レーザー出力をそのまま見ると危険である。これはClass3Bというレベルであるが、規格の不備のために、非常に短パルスでは総エネルギーが小さいので実情にそぐわないようだ。

将来の展開：

- 農林水産省の森林研究所と長野営林署が長野の土石流現場の山地崩壊診断のために2セットの設備を打診してきている。これは9月7～13日の現地視察で話をする予定。
- 群馬大学工学部建設工学の小畠先生とタイアップして1999年の2月頃に足尾にある沢崩壊現場の断面形状の測定実験を予定。
- ぐんま産業高度化センターで3Dモデルスキャナと機械加工の連携研究のために購入を勧めるつもり。
- オーストリアのリーグル社がシステム技術として非常に興味を持っています。とりあえずは、30%の値引きで提供してもらおう。システムの完成度によっては世界に提供したいとのこと。
- このシステムは3次産業ではなく2.5次産業とでも言うのかな。製造業とサービス業の間をつなくものです。

開発プロジェクト：

出資は県の開発補助金を大永ドリーム株が受けて行ないます。したがって開発物は大永ドリーム株が保有することになります。

しかし、ノウハウは個々に残るものであり、将来の見通しなどを勘案して展開は面白いものがあるでしょう。

玉置の意見としては

大永ドリームが開発成果の権利をもつのは当然として、数理設計研究所としてもノウハウを手にして助け合いながら将来の展開を見込むのがおもしろいと思っています。

安全性：

LD90-31K：

Class3B

波長	905nm	±5nm	
パルス幅	17.5ns	±5%	
拡散	1.8mrad	±5%	1000mにおいて1.8m
平均出力	575μW	±5%	5.75mW
放射エネルギー	35.65 J/m ² *sr	±10%	1パルスあたりの標的角エネルギー

実質安全性：

使用するレーザーダは最低でも3cmぐらいのビーム径を持つので人が直接見た場合の瞳孔径が8mmとすると7%に実効エネルギー量が減少する。

しかし望遠鏡でこちらを観察する場合なども考慮してみると、1mW100秒がクラス1なので問題が残る。これに対処するために、レーザービーム射出しているときは機械的にビームを動かし続けている限りクラス1に相当すると宣言することができる。

レーザー安全基準IEC60825-1から見た問題：

レーザー光は、自然界の光や電球の光とは異なり、単色性、可干渉性、高輝度という独特の特質を持っており、レンズにより容易に微小スポットに高エネルギーを収束させることができる。レーザー加工機やレーザー治療器などは、この特徴を活用しているわけである。しかし、それだけに製造にも取り扱いにも十分な安全性の配慮が必要である。

IEC60825-1は、レーザー製品を正しく製造し、また使用するための国際基準であり、JIS規格もこれに準拠している。IEC60825-1ではレーザー製品を安全性の高いものから順に、クラス

1, 2, 3A, 3B, 4と5段階に分類している。クラス3Bとクラス4は加工機や治療器等, レーザのエネルギーによって対象に影響を与えることを目的とした高出力機器の分類なので, ここでは詳細説明を省き, レーザポインタに関係するクラス1から3Aまでの分類について解説し, 問題点を考察する。

クラス1は, 本質的に安全なレベルであり, 使用者側での特別な安全対策は不要である。具体的には, 100秒の間, その装置から出るレーザー光を瞬きせずに見続けていても網膜が損傷しないレベルであり, スーパーマーケットのPOSスキャナはすべてこのレベルである。もちろん, CDやレーザープリンタなども, レーザ光を装置内部に閉じ込めることによってクラス1製品になっている。許容される出射光量は, 波長やパルス幅によって異なる。レーザーポインタの場合, 連続発振なのでパルス幅は100秒と考える。波長を670nmとすると, クラス1で許容される光量は0.22mWとなる。

クラス2は, 可視光に対して定められているクラスであり, 強い可視光に対して人間が反射的嫌悪反応により思わず瞬きをしてしまうことを考慮している。瞬きの時間(0.25秒)に対して, 安全が確保(網膜が損傷しない)されており, レーザポインタの場合は1mWまで許容される。

クラス3Aは可視光に対してクラス2の5倍の出力, すなわち5mWまでと規定されている。ただし, 人間の瞳相当の開口(可視光に対しては直径7mm)内ではクラス2と同等のエネルギー密度でなければならない。この点には, 注意が必要である。クラス1およびクラス2の規定では, 最悪ケースとして, 口径50mmの双眼鏡のような補助光学系により光を集めて観察することを想定している。したがってクラス2の場合には光束径が7mmでも50mmでも関係なく1mW以下の光量でなければならない。これに対し, クラス3Aでは補助光学系の使用を想定せず, 直接見たときのみ安全性を確保するように規定されているので, 照射面積が広い(光束径が太い)場合にはクラス2よりも許容光量が大きいのである。しかし, 直径7mmの口径内の光量で比べた場合には, 当然同等, すなわち1mWでなければならない。

このようにクラス2では人間の嫌悪反応による瞬きを考慮に入れ, またクラス3Aでは, さらに, 双眼鏡などを使用しないという条件の下で, とともにクラス1と同等の安全性を確保しているのである。

しかし, 現実的には, 出射光束径が10mm程度と細いものであっても, 出力5mWのレーザーポインタは全てクラス3Aに分類されてしまっている。これが問題である。本来は, 光束径(厳密にはポインタから距離100mmの位置における)が少なくとも15mm以上(面積が直径7mmの円の5倍以上)なければクラス3Aではなく3Bと分類されるべきである。規格の誤解から生じた問題であろう。

前章で紹介した英国の販売規制も, この実態が根拠となっているようだ。本来, クラス3Aまでは, 嫌悪反応による瞬きや双眼鏡を使わないという条件の下で, クラス1と同等の安全性が確保されているが, 3Bのレーザー光は網膜に対して安全であるとはいえないのであるから。

構成要素：

ハードウェア：

レーザーレーダ	R I E G L E 3 D、1 D 3 DはE C C Pによるハイスピードデータ出力 1 DはE C C PまたはR S 4 2 2によるデータ出力と制御
自動経緯台	基本モデル（ビクセンの赤道儀）または試作 角度センスが必要なら光学エンコーダ、ステップモータ制御 水平儀（鉛直センサー高精度 + 低精度）+ 磁北決定センサ
制御用 P C	K 6 - 2 0 0メガ以上のノート P C E C C P、R S 2 3 2 C R S 2 3 2 Cをマルチ化するインターフェースまたは外部制御ユニット
電源ユニット	1 2 V パワーパック（購入または試作）
その他	デジタルカメラ + インターフェース、ビデオカメラ

ソフトウェア

C++のクラスライブラリを基本とするモジュール構造で、モジュールを差し替えることにより3D、1Dレーザーレーダに対応する。

下層モジュール レーザーレーダの制御とデータ交換、経緯台の制御
デジタルカメラインターフェース
各種センサからの入力

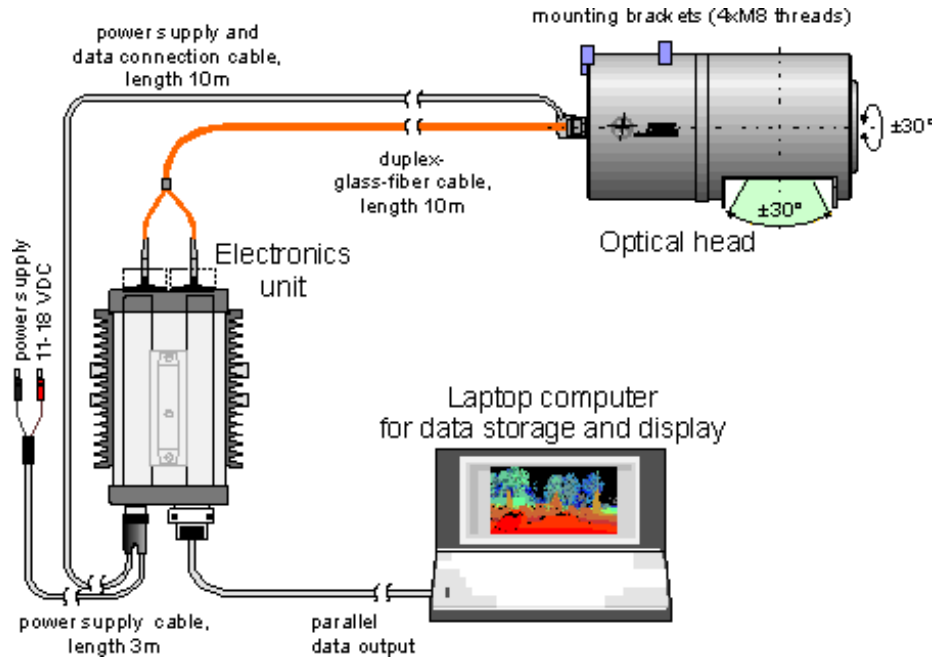
中層モジュール 経緯台 + センサの制御
レーザーレーダとデジタルカメラ

この上にアプリケーションモジュールが作られる

必須アプリ 地形撮影、観察、各種パラメータの導出、D X F ファイルへの変換
有用アプリ 土砂災害の警報、測定

ハードウェア :

レーザーダ :



3 Dタイプ 3D-Scanner LMS-Z160/60

価格 820万

性能 :
測定範囲 最高300mまで、反射率 \geq 80%の測定範囲
最高100m、 反射率 \geq 20%
最小範囲 2m
測定精度 標準の測定解像度 \pm 2.5cm 最悪値 \pm 10cm
測定レート 24000 Hz 回/秒
レーザー 0.9 μ m (近赤外線)
ビーム分散 約 3.5mrad 300mで1m
安全クラス CClass1

インタフェース パラレルインターフェイス、ECP標準

- 1) 平均条件での典型的な価値。
明るい日光の下では、操作上の範囲は、曇っている空のもとでよりかなり短い。
夜明けまたは夜、測定範囲は大きい。
- 2) 距離依存エラー \leq 20ppmの標準偏差
- 3) 1mradは100mの距離あたり10cm beamwidthと一致しています

スキャナ性能：

水平の方向

走査範囲 $\pm 30^\circ =$ 合計 60°

多角形の鏡を回転させる走査メカニズム

垂直の方向

走査範囲 $\pm 30^\circ =$ 合計 60°

メカニズムモーター駆動でオプティカルヘッドを走査します（垂直走査は停止されるかもしれません）

1ラインあたりのピクセル数	60	100	200
フレーム60あたりライン	60	100	200
角解像度	1°	0.6°	0.3°
フレーム時間	0.45s	1.25s	5 s

物理データ：

光学ヘッド

エレクトロニクスユニット スキャナユニット

主要な次元 (LxWxH)

220x158x76 mm Dia.158mm x 287mm

重量

approx.2kg

approx.6kg

電源直流

11-18V

11-18V

Max 1A

Max 2.5A

3 D スキャナの機種変更

入手する装置は変更があり、上の機種ではなくコントローラー一体型の3 Dモデルになる

価格	1 1 0 0 万	
スキャン角	8 0 度	ライン走査
	3 0 0 度	フレーム走査

1 Dタイプ LD90-3800ECP-LP



LD90-3800-LPの仕様書

高速で、長距離アプリケーション

測定レート	LD90-3800VHS-LP 2000Hz	LD90-3800EHS-LP 10000Hz
インタフェース	RS232またはRS422 115.2のkBd	ECP標準、 パラレルインターフェイス

安全クラス 固定ビームのとき Class3B スキャン中はClass1
EN60825-1 : 1996 / A11 : 1996 Einfugen 3B-Laserschild 2) Einfugen 3B-Laserschild 2)

計測範囲

自然目標	反射率 80%	>750m
自然目標	反射率 10%	>400m

最小距離4) 10 m

測定精度	± 10cm
測定解像度	5cm
波長	0.9 μm (近赤外線)
分散	2mrad 1000m地点で2m

電源

標準	11-18ボルトDC、approx.10ワット
温度範囲	オペレーション -10 °Cから+50 °C 貯蔵 -20 から+60

サイズ 252x184x100mm
重量 approx.4.4kg
保護クラスIP64

1 Dタイプ LD90-31K

見た目は LD90-3800-LP と同じ

LD90-31Kの仕様書
レーザー距離計モジュール、および高度計

計測範囲 >80%の反射率で >1500
>10%の反射率で >500
反射板使用で >3000m

最小距離 2m

精度		± 20cm			
測定時間 (秒)	0.1	0.2	0.5	1	2
統計の逸脱 (cm)	± 20	± 15	± 10	± 7	± 5
解像度 (cm)	10	10	10	5	5

RS232を経てselectableです

赤外線ビーム分散 1.8mrad 1 0 0 0 mで 1 . 8 m
安全クラス CENELEC EN 60825-1:1994/A11に応じた安全クラス : 1996 Class3B

距離依存エラー 標準偏差 20ppm
適応測定モードでは、LD90 - 31Kは、0.5から1ヘルツまで
約1km (3300フィート)で、3-5ヘルツのデータ更新を期待することができます。
精度は長い範囲で約0.5メートルであり、近い範囲(100m程度)には約20cm

自動経緯台：

資材見積もり：

三脚	GPD HAL110	3万
経緯台	カートンTA型	5万
鞍型金具	特注	1万
3D金具	#	2万
スコープ	7×50	2.5万
微動雲台		0.6万
赤道儀	GPシステム	10万
保険	?	

角度分解能：

PCから制御して角度分解能1ミリラジアンを達成する。角度にして1000分の57度 = 3分が良い。これ以上の分解能があってもいいがレーザービームの太さもあり努力に見合うか疑問となる。

姿勢制御：

重力ベクトルセンサ、磁気ベクトルセンサ：

鉛直と磁北の確立が必要：機械的に達成するのはあきらめて、三脚で適当に設置した後に数学処理によって3D位置を確立する。
バックラッシュの影響を制御で回避する

測定範囲の設定：

3Dレーザーレダは数秒で画面表示されるので問題がおきないが、超ロングレンジの1Dレーザーレダ使用のときには他の方法で撮影範囲を定義する必要がある。
デジタルカメラを同時制御する案が有力

付加装置：

デジタルカメラはいずれにしる標準で付属させたい。これからのデータをテキストチャートとして見た目も本当らしい3Dモデルを作成したい(将来)。

メカニカル部の参考装置は、ピクセンの赤道儀システム
3軸NCマシンがあるので加工も可能(仕上がり10ミクロン精度)
加工サイズは300×400×100のアルミ~ステン

電源部

レーザ関係	12 V	4 A
パソコン	18 V	2 A
メカ、通信	12 V	3 A
合計	12 Vにして10 A	

これを3時間ほど動かす、都合12V30AHぐらいの軽量電池

リチウム水素電池では推定5kgぐらい

自動車用の鉛バッテリーでもよいが、だいたい15kg

というわけで、メカ類はできるだけ低消費電力をこころがける

パソコン周辺装置：

ノートPC：

CPU K6 - 266以上の処理速度が必要らしい
HDD 2G以上
メモリ 64k以上 画像処理の必要あり
RS232 1
ECP 1 パラレル入出力ポート

付加装置

1：RS232多重化装置？ 回線を使うもの

1. レーザレーダの制御

2. 経緯台の制御

3. センサ入力（磁気、鉛直、角度エンコーダ）

4. デジタルカメラ

5.

2：パラレルポートは1chだけ使用するのでそのまま

3：センサインターフェース

4：経緯台モータコントロール

5：無線LAN

1. 複数装置の同時制御と画像合成（陰になっている部分を無くす）

2. 単体のリモートコントロール（防災用途）

ソフトウェア：

基本構想：

指針：

コンパイル時にモジュールを差し替えることによるか、ランタイムにモジュールの実現方法を選択させることによりレーザレーダの種類、経緯台の種類に対応して、すべて同じアプリケーションインターフェースを持たせる。
内部データは統一形式にする。

言語など：

C++のクラスライブラリを基本として支援のためのマシンインターフェースを作成する。
これをアプリケーションレベルで使いまわす。VBなど他の言語からはDLL化することによって使えるようになるし、C++からは派生して使うことができるようにする。

モジュール：

支援モジュール：

レーザレーダの通信
E C P
R S 2 3 3 C
微動装置を含む角度指定、角度範囲指定、モーションコントロール
カメラ画像の取得

数値モジュール：

3 D座標変換
C R Tへの2 D写像
3 Dデータのデータ間引きコンパクト化

変換表現モジュール：

D X F、J P G、G I F、T I F、リーグルのS E Q形式
O p e n G L
A c t i v e X

アプリケーション：

以下のアプリケーション・プログラム間で連携を持たせる。連携手法はLAN対応のメールスロット形式で行ない、OLEなどWin95固有の手法は取らない。
したがって、以下に提示するアプリケーションはすべてリモート制御が可能ないように作成する。
リモート制御は防災用に必要であることはもちろん、自動化や異なった地点から数台を駆使してリアルタイムに3D合成するときに必須となる。

データ取得：

スキャナの設定、動作指示、可能な動作のリスト提供、データ観察アプリを使う。
モーション制御

データ観察：

取得済みのデータや内部データを観察する。データ取得の表示部としても使う。