

# ILSグライドパス反射面の積雪による パス特性の変化

横山 尚志 朝倉 道弘 田嶋 裕久  
( 電子航法研究所 機上等技術領域 )

中田 和 一  
( 青森大学 )

- 青森空港は積雪が特に著しい。3月よりCATⅢを開始...
- CATⅢの 現行除雪基準10cm、大幅な緩和が不可欠。
- 除雪基準の見直しには、解析方法の高度化が不可欠。

### 従来解析法：

- 積雪深のみ考慮。
- 多層では $\Gamma$ の誤差が急増
- 幾何光学的な解析手法。
- F/Iとの妥当性は低い。

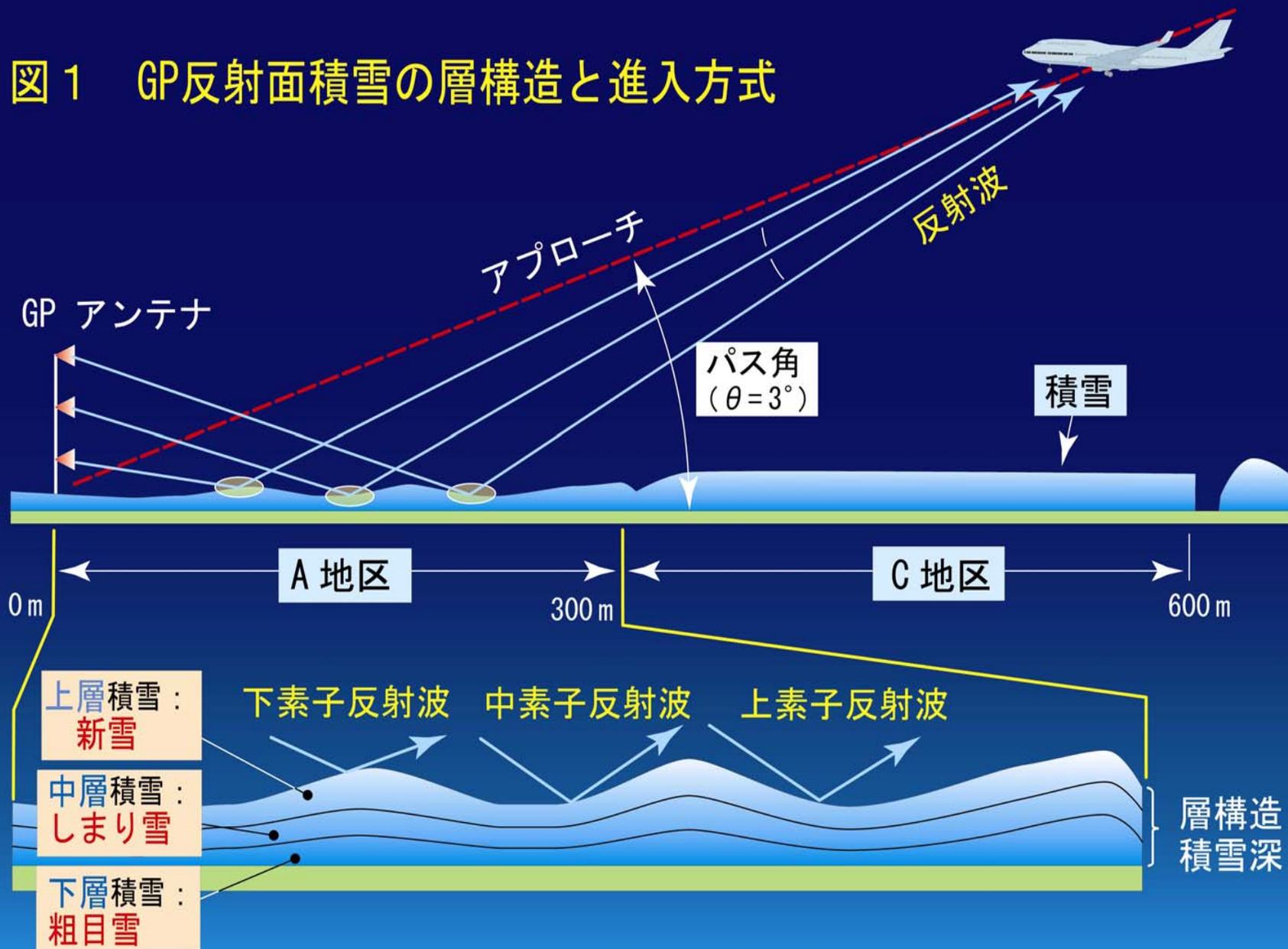
### 本稿の解析法

- 誘電率測定装置の開発
- 積雪深と誘電率の実測値を使用。
- 解析法：分布常数を用いた $\Gamma$ の解析。
- F/Iにより、多層構造の積雪時の解析結果の妥当性を確認した。

## 講演の概要

1. 進入方式とGP反射面の積雪構造
2. 一層積雪の解析結果とOhio大学の飛行検査結果との比較
3. 一層積雪面と青森に特化した不等積雪のパス角変化
4. CATⅢの除雪基準の大幅な緩和

図1 GP反射面積雪の層構造と進入方式



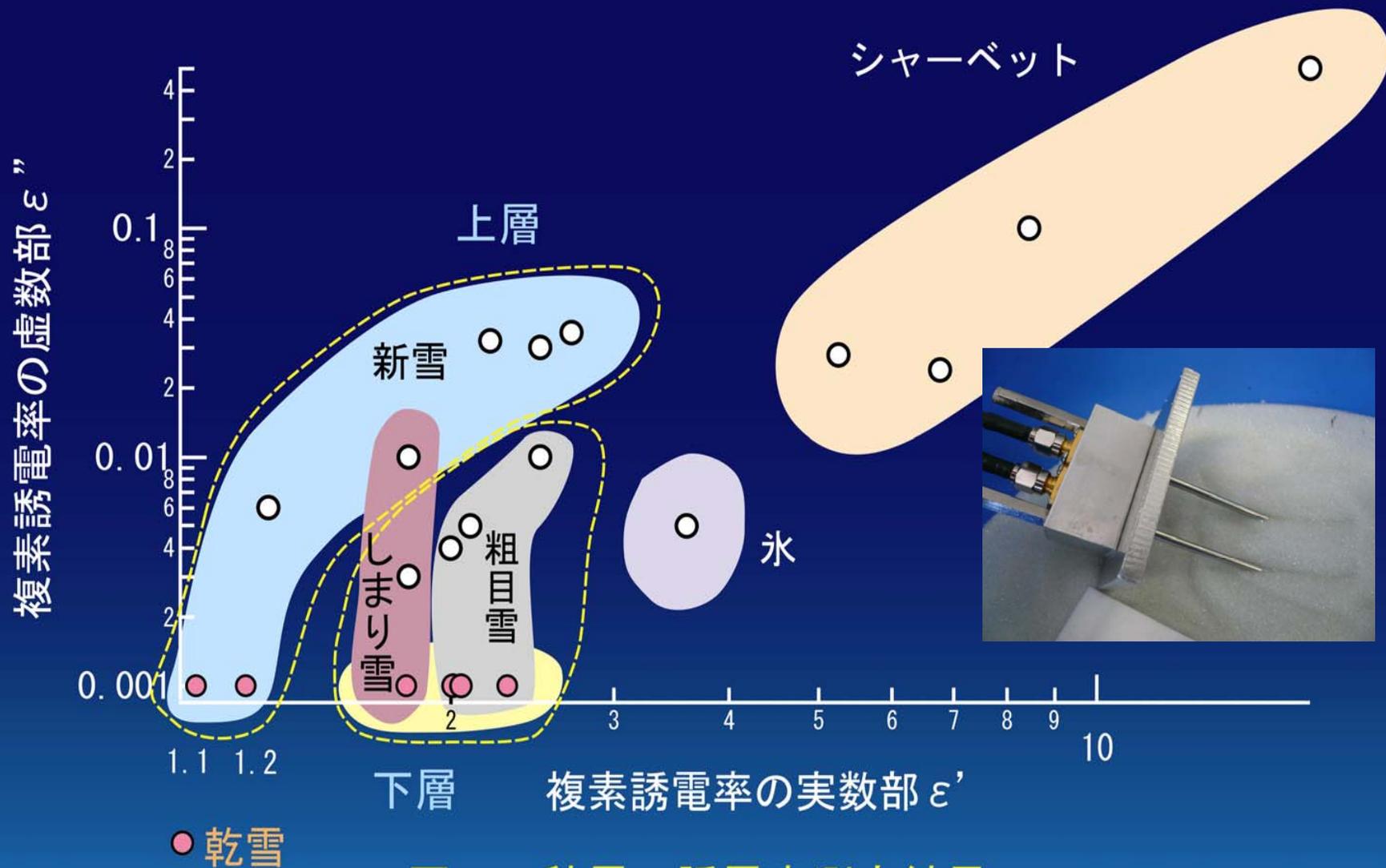


図2 積雪の誘電率測定結果

表1 積雪の雪質と物理的性質

雪質	複素誘電率 $\varepsilon = \varepsilon' - j\varepsilon''$	導電率 $\sigma_{s2}$	損失角 $\text{Tan } \delta_{s2}$	屈折率 $n$
新雪	1.2-j0.001	18	0.0008	1.1
しまり雪	1.8-j0.004	74	0.0022	1.34
湿雪	5-j0.2	3700	0.04	2.24
湿地	10-j1.0	18400	0.1	3.17

(b) 地面がある場合  
の反射係数

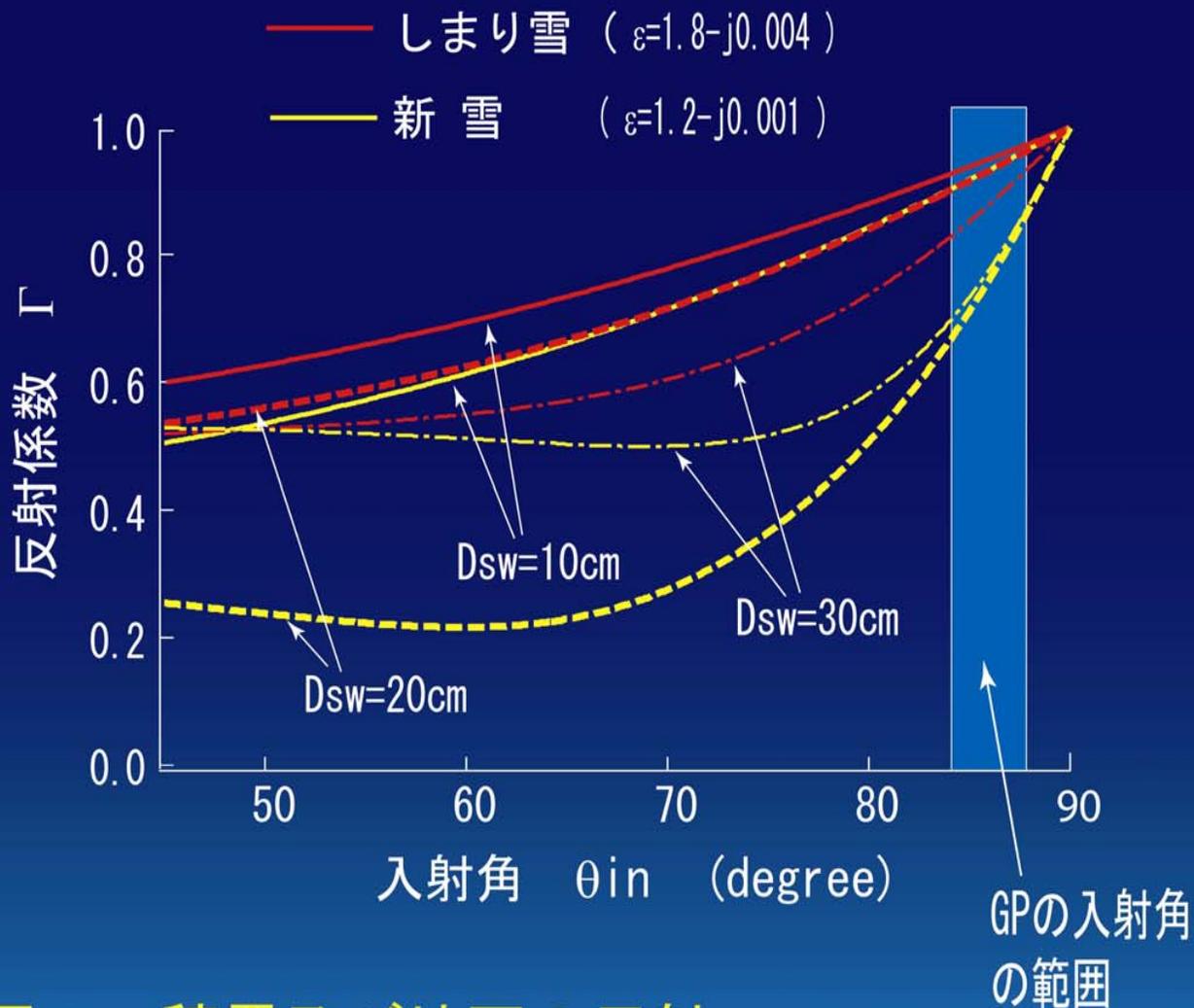
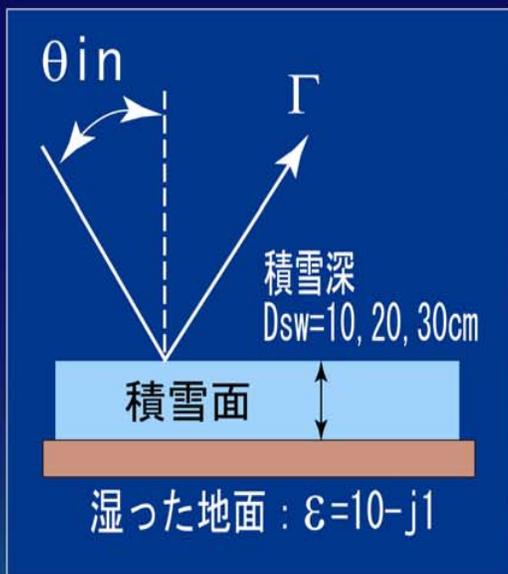


図3 積雪及び地面の反射

## (a) 積雪深と反射係数の関係

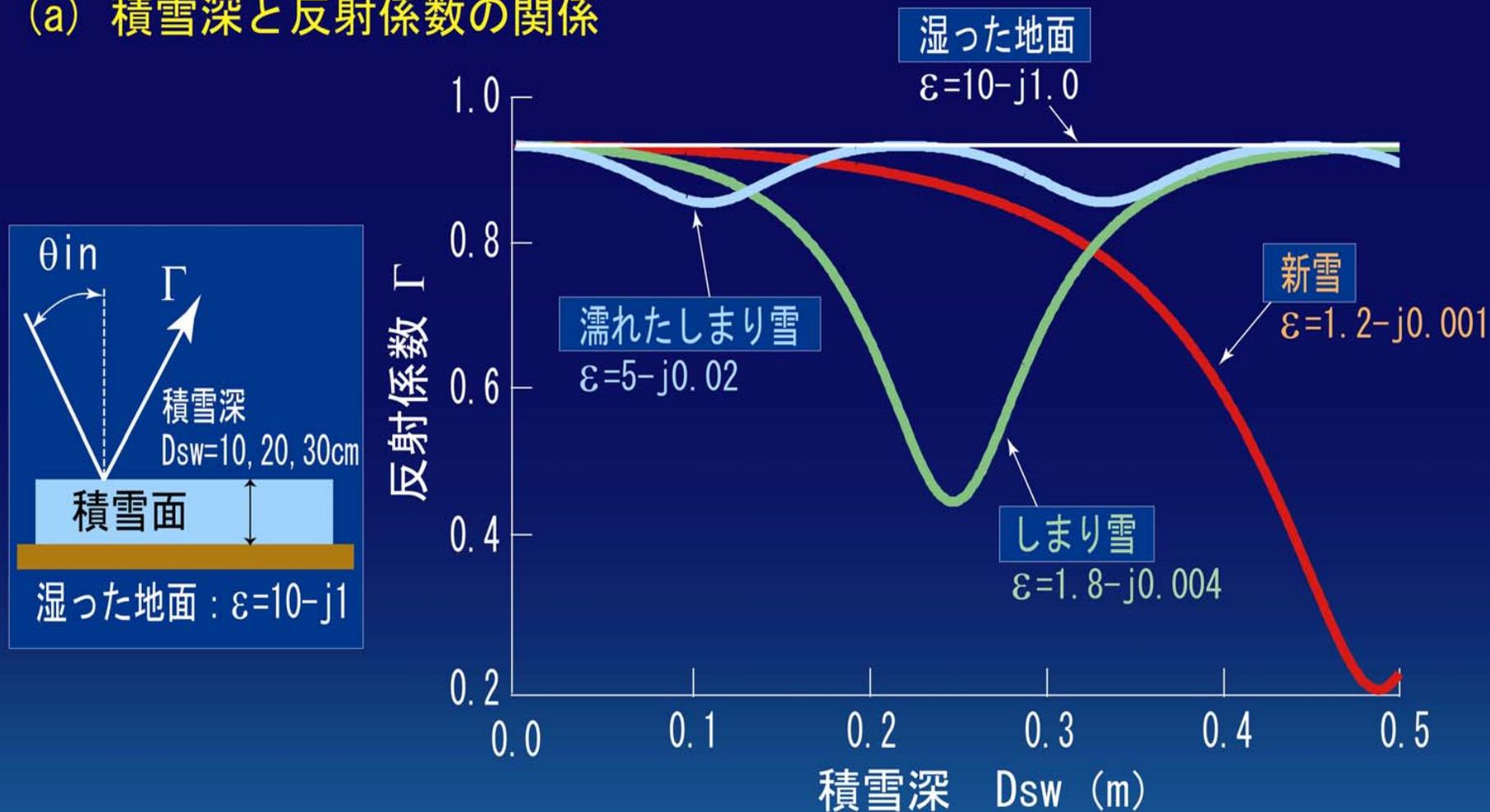


図4 大地に一層の雪が堆積している時の反射特性

(b) 積雪深とDDMの関係

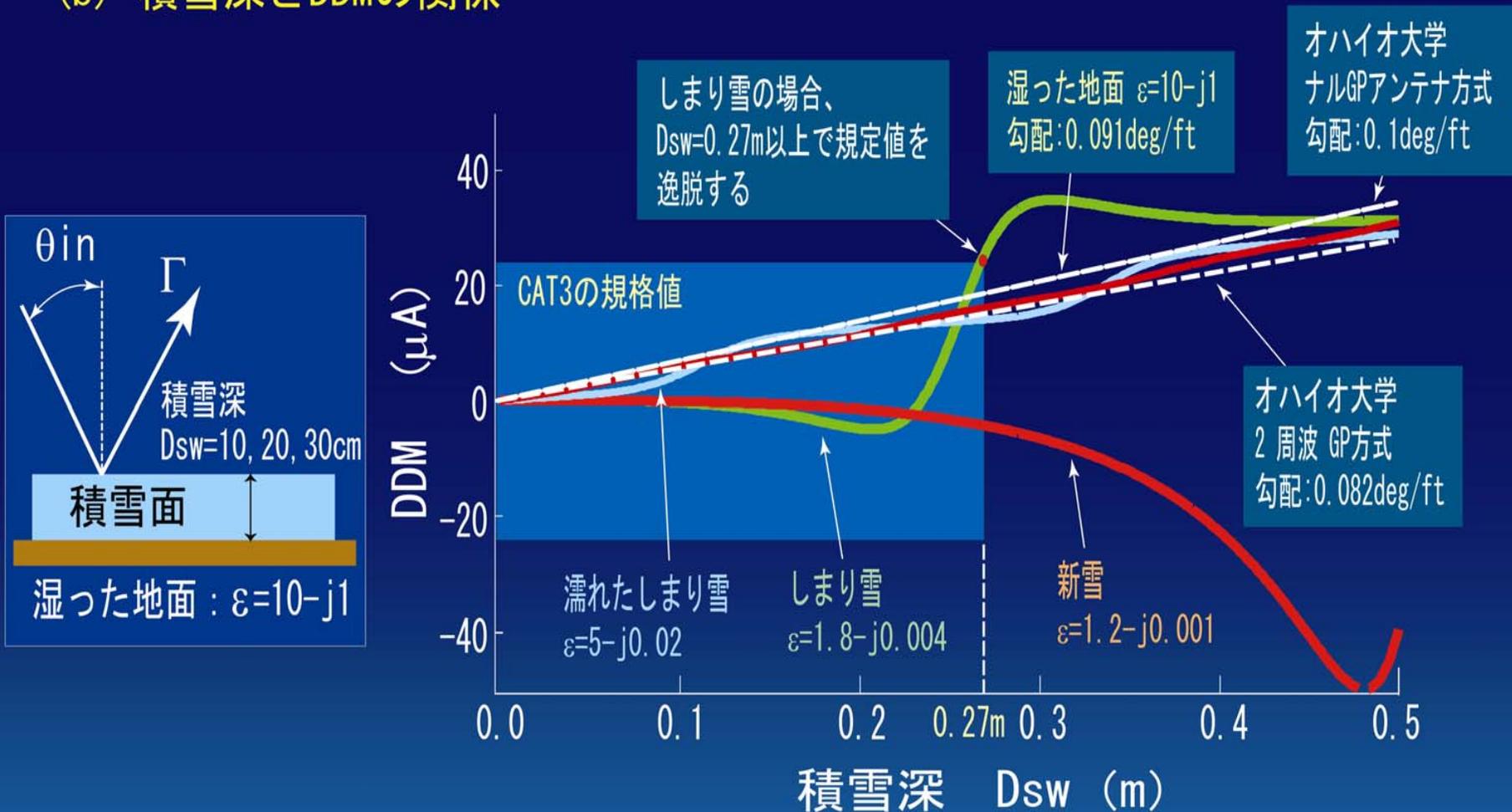
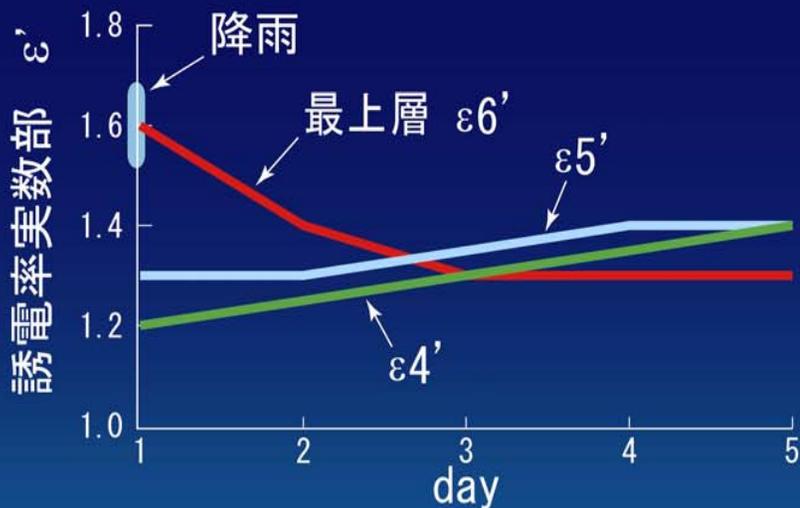


図4 大地に一層の雪が堆積している時のDDM特性

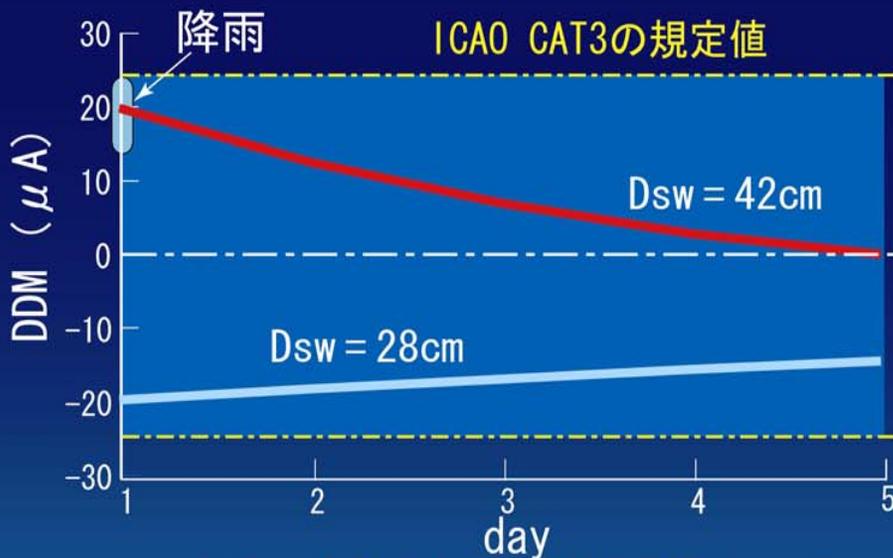
## 現時点でのまとめ

- a. 屋外の積雪の誘電率測定が可能になる。
- b. Ohio大学の飛行実験結果と良く一致する。
- c. 積雪深によりDDMが+の勾配で直線的に変化する。
- d. 圧雪の場合、27cmでCATⅢの規格を逸脱する。  
圧雪時の最大有効積雪深は27cm以下。
- e. 25cmを圧雪の条件として、青森固有の積雪構造  
のときのGP特性を解析し...除雪基準の緩和を検討

(a) 自然積雪の層構造モデル

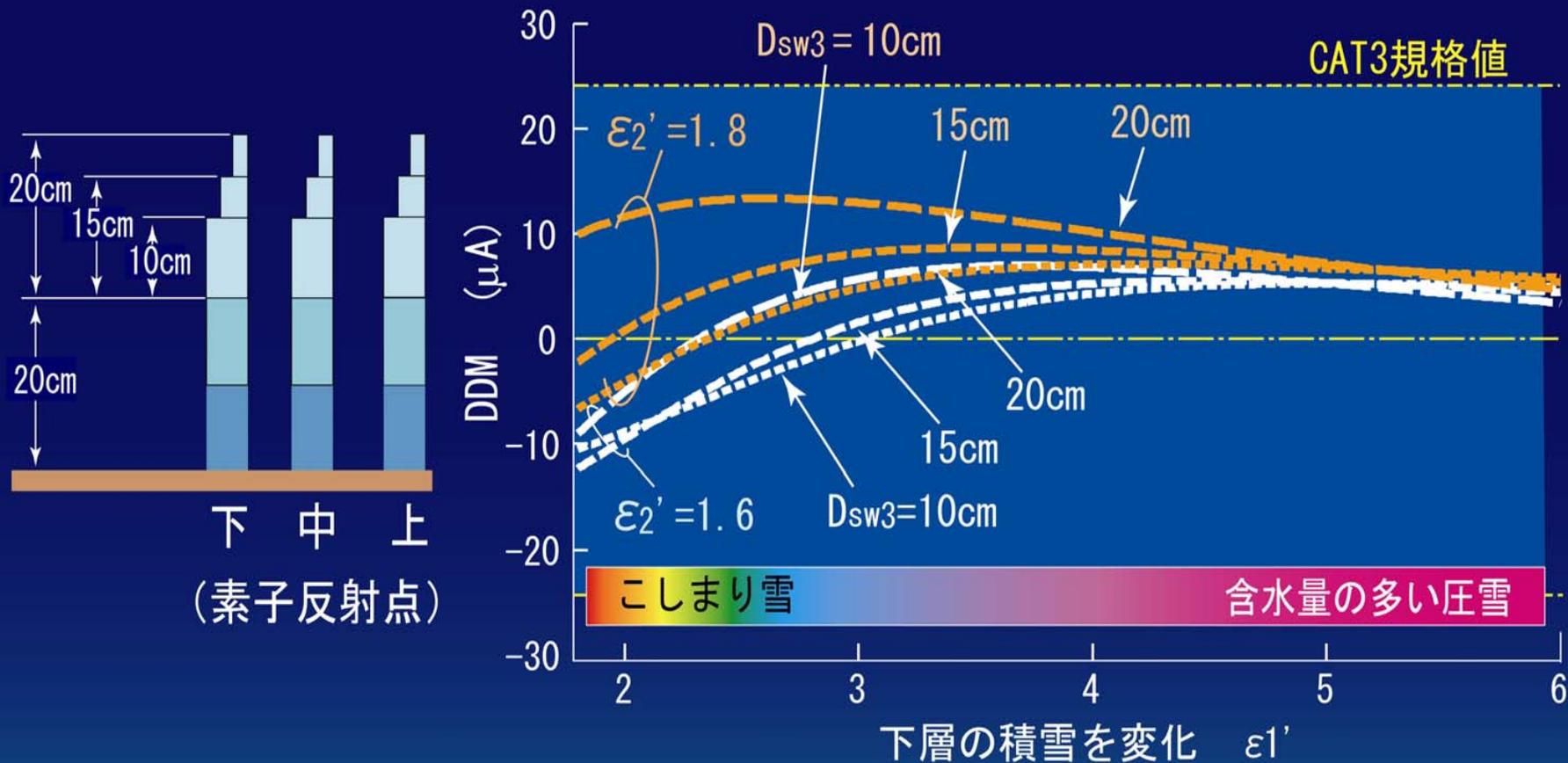


(b) 降雨後の誘電率の変化



(c) 自然積雪に降雨があったときのDDMの変化

図5 自然積雪に降雨があったときのDDMの変化

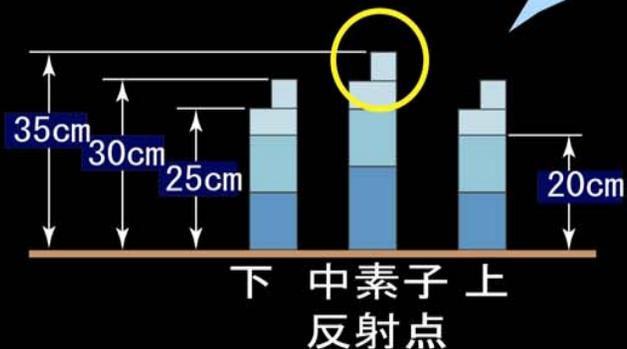


(a) 重機圧雪、3層で等積雪深の場合

図6 機械圧雪除雪後の3層の積雪断面構造の時のDDM特性

重機圧雪、3層で不等積雪深

(b) (中素子 反射点が凸)



(c) (上素子 反射点が凸)

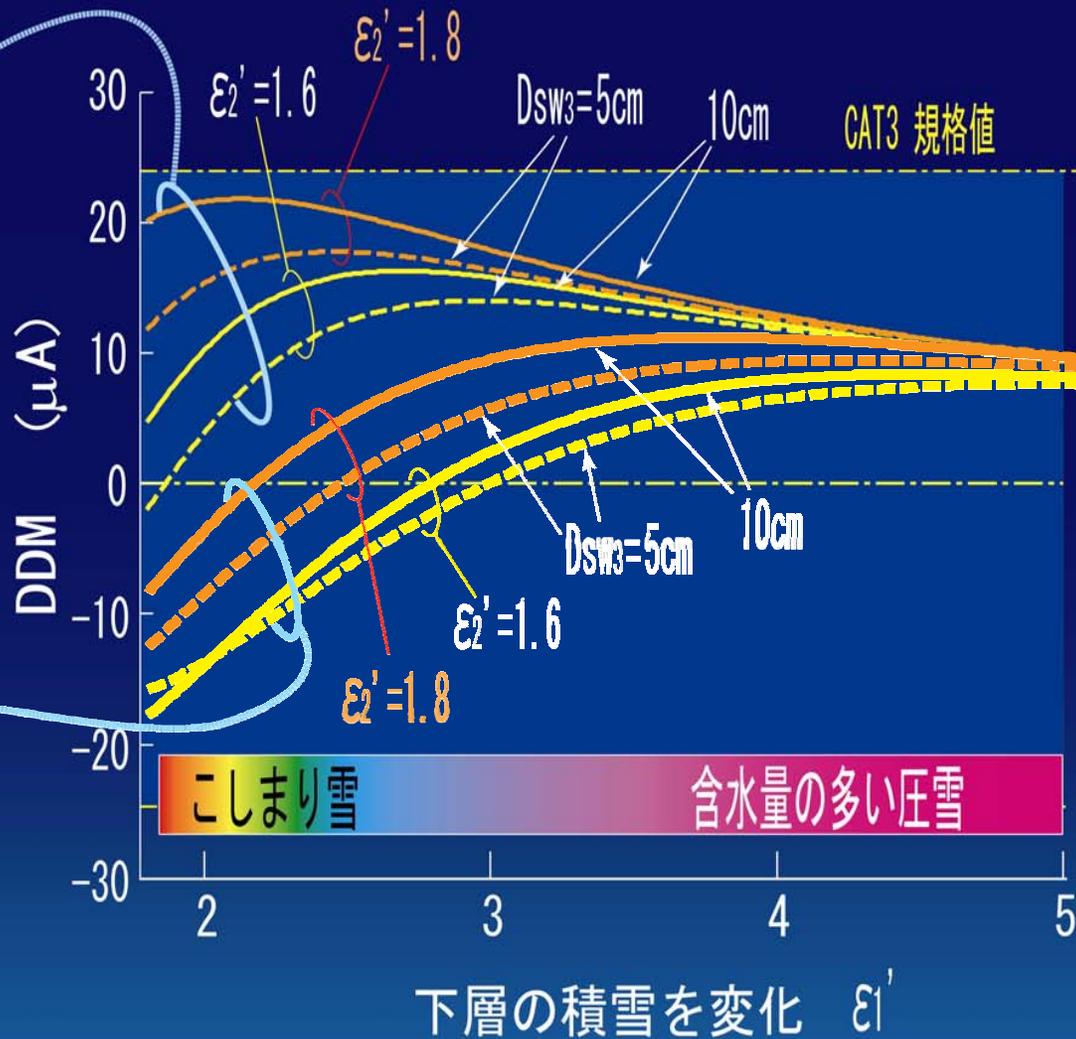
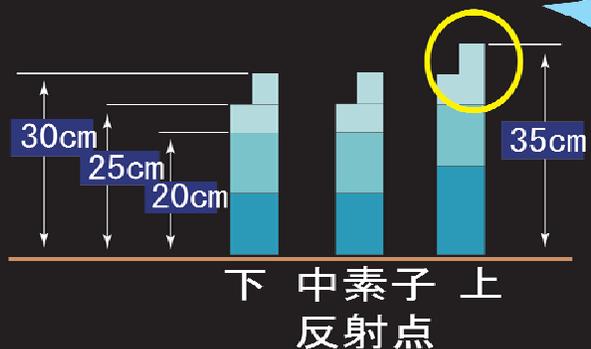


図6 機械圧雪除雪後の3層の積雪断面構造の時のDDM特性

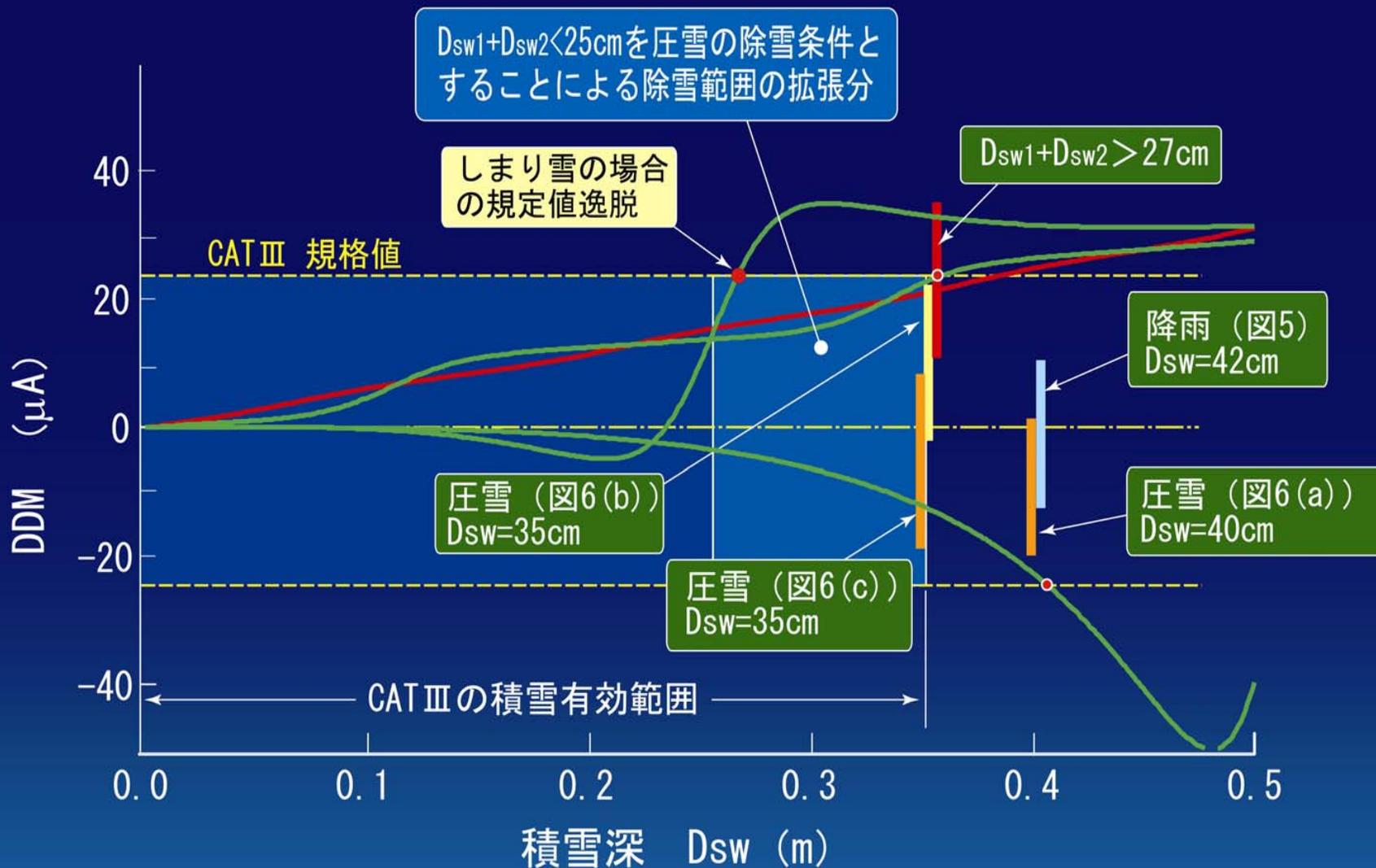


図7 青森空港積雪時のCAT III除雪範囲

まとめ：本稿の解析によって、

- ① 積雪の雪質によるDDMの変化が明確になった。
- ② 一層積雪で新雪・降雨の場合：  
 $D_{sw} \leq 42\text{cm}$
- ③ 圧雪・除雪時の条件：25cmを提案
- ④ その結果、最大有効積雪深が、  
 $D_{sw} \leq 35\text{cm}$ に緩和される。