

5.2.2 現地調査結果でみる ΔC と Wr

本年度の現地調査（5 箇所）で得られた ΔC と Wr の散布図を示す（図 5.8）。

現地掘削により取得された ΔC は、赤い範囲で囲われた ΔC が 10kN/m^2 未満のグループと、青い範囲で囲われる ΔC が 10kN/m^2 以上のグループが存在する。本業務委員会においてこれまでに根系による ΔC が 10kN/m^2 を超過することはごく稀である、と指摘をいただいております、青い範囲のデータは過大な ΔC が計測されている。

ΔC が過大となる理由としては、調査断面が幅 $1\text{m} \times$ 深さ $0.5\text{m} = 0.5\text{m}^2$ であり狭い範囲のデータ計測である点があげられる。

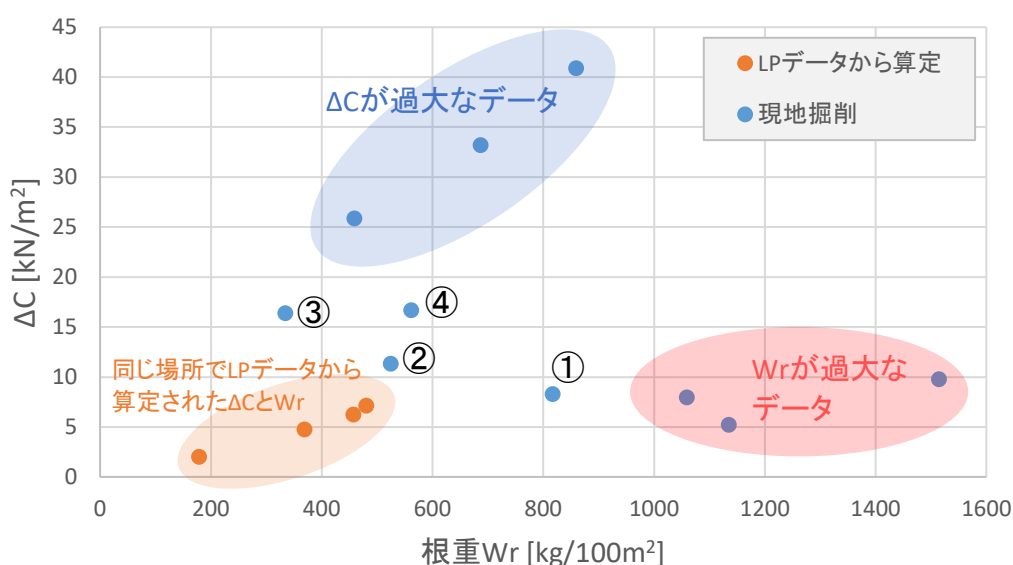


図 5.8 現地調査で得られた ΔC と根重 Wr の関係

図 5.8 には LP データ解析から得られた掘削調査実施箇所の ΔC と Wr をプロットした。LP 解析は比較的広い範囲（10m グリッド）に存在する立木情報を平均化している。そのため、具体的な 2 立木間を調査している現地掘削データと比べると、ばらつきが抑制されており平均的な評価をしているといえる。現地掘削データで ΔC と Wr のいずれかが過大となったデータを除く図 5.8 の①～④の 4 データについて、根系を露出させたときの写真を図 5.9 に示す。

根長の伸長状況を視認するレベルにおいては、 ΔC または Wr が過大となった掘削箇所と、①～④のように比較的平均的なデータが取得された箇所の違いは判然としない。大きな水平根が存在すると過大値がでやすいかと思われたが、③④のように大きな水平根が存在しても過大とならない場合もある。

① 540は2・36年生ヒノキ・①方向



根重量 [g] (土付き、乾燥前)

		ブロック	4	3	2	1	
距離[cm]		立木距離	125	94	63	31	
階層	深度	割合	100%	75%	50%	25%	合計
1	20	25%	180	340	1,282	4,202	6,004
2	40	50%	94	184	199	2,051	2,527
3	60	75%	103	478	562	626	1,769
4	80	100%	石	石	93	256	349
		合計	377	1,002	2,135	7,135	10,648

② 540は1・37年生ヒノキ・②方向



根重量 [g] (土付き、乾燥前)

		ブロック	1	2	3	4	
距離[cm]		立木距離	39	78	116	155	
階層	深度	割合	25%	50%	75%	100%	合計
1	20	33%	2,415	560	49	295	3,318
2	40	67%	953	157	308	538	1,956
3	60	100%	273	318	502	421	1,513
		合計	3,641	1,035	859	1,253	6,786

③ 540た・24年生ヒノキ・①方向



根重量 [g] (土付き、乾燥前)

		ブロック	3	2	1	
距離[cm]		立木距離	105	70	35	
階層	深度	割合	100%	67%	33%	合計
1	20	50%	482	1,070	2,510	4,061
2	40	100%	74	50	57	180
		合計	555	1,120	2,566	4,241

④ 540た・24年生ヒノキ・②方向



根重量 [g] (土付き、乾燥前)

		ブロック	1	2	3	
距離[cm]		立木距離	31.6667	63.3333	95	
階層	深度	割合	33%	67%	100%	合計
1	20	50%	4,429	1,850	277	6,555
2	40	100%	200	225	192	616
		合計	4,628	2,075	468	7,171

図 5.9 ①～④の実際の根系分布と根重量データ

5.2.3 ΔC と Wr の相関関係

図 5.10 は、LP データ解析結果から ΔC と Wr をプロットした図を、上段図は広島国有林ヒノキ、下段図は高知国有林スギについて示したものである。なお、 ΔC と Wr はそれぞれ小班単位での平均値を用いている。

ヒノキ、スギとも ΔC と Wr のあいだには強い正の相関がみられる。

ヒノキ、スギの散布図に今回実施した現地調査による ΔC と Wr のデータを散布したのが図 5.11 である。また、図 5.11 ではヒノキとスギを同じ図の中に同時にプロットした。

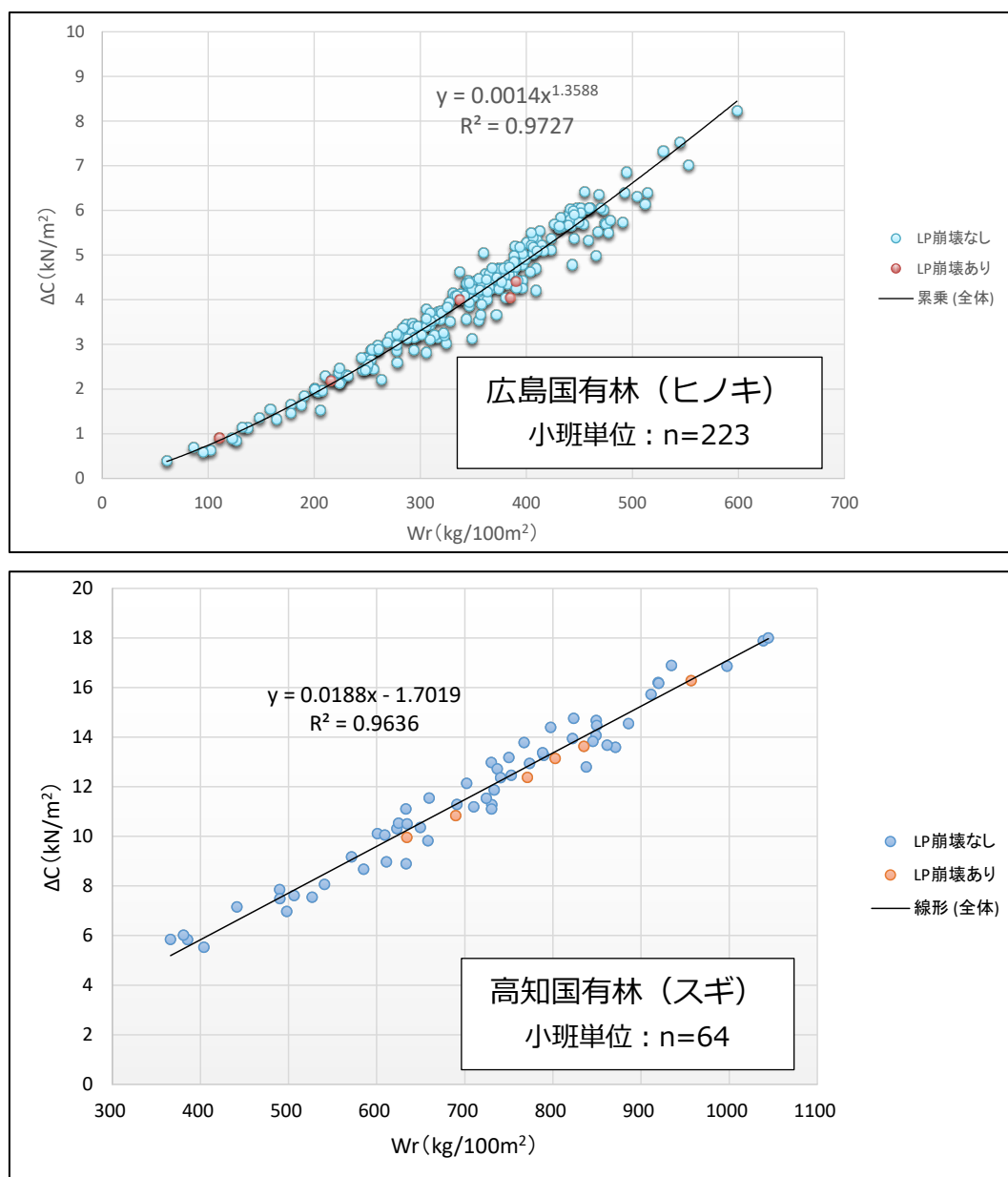


図 5.10 LP データ解析による ΔC と Wr の相関図 (小班単位: ヒノキ、スギ別)

ヒノキとスギでは根系が発揮する抵抗力 ΔC と根重量 Wr の範囲に差があり、ヒノキよりもスギが全体に大きな ΔC と Wr となる。図中には広島ヒノキの累乗回帰線 ($\Delta C = 0.0014 Wr^{1.3588}$) を描画した。回帰線はヒノキデータに対するものだが、スギデータも概ね回帰線上に位置し、両者はほぼ共通とみなしてもよい結果となっている。

図 5.11 で令和 2 年度掘削調査データのばらつきは大きく、先述のように一部のデータは非現実的に過大な ΔC 、 Wr 値となっていることがわかる。一方で、ばらつく範囲のちょうど中間付近をヒノキ回帰線が通過している。現地調査データは特定立木間、狭い範囲における調査結果を面積あたりで割り戻して算定した値でありばらつきは大きい、その中央付近を平均的な LP 解析による回帰線が通っていることから、この回帰式を持って ΔC と Wr 、両者の関係を評価してもよさそうである。

以上の検討より、 ΔC と Wr のあいだには正の相関関係があると判断され、平均的なその回帰関係はスギ、ヒノキとも次式であらわされる。

■根系抵抗力 ΔC と根重量 Wr の関係式

$$\Delta C = 0.0014 Wr^{1.3588}$$

ただし、 Wr : kg/100m²、 ΔC : kN/m²

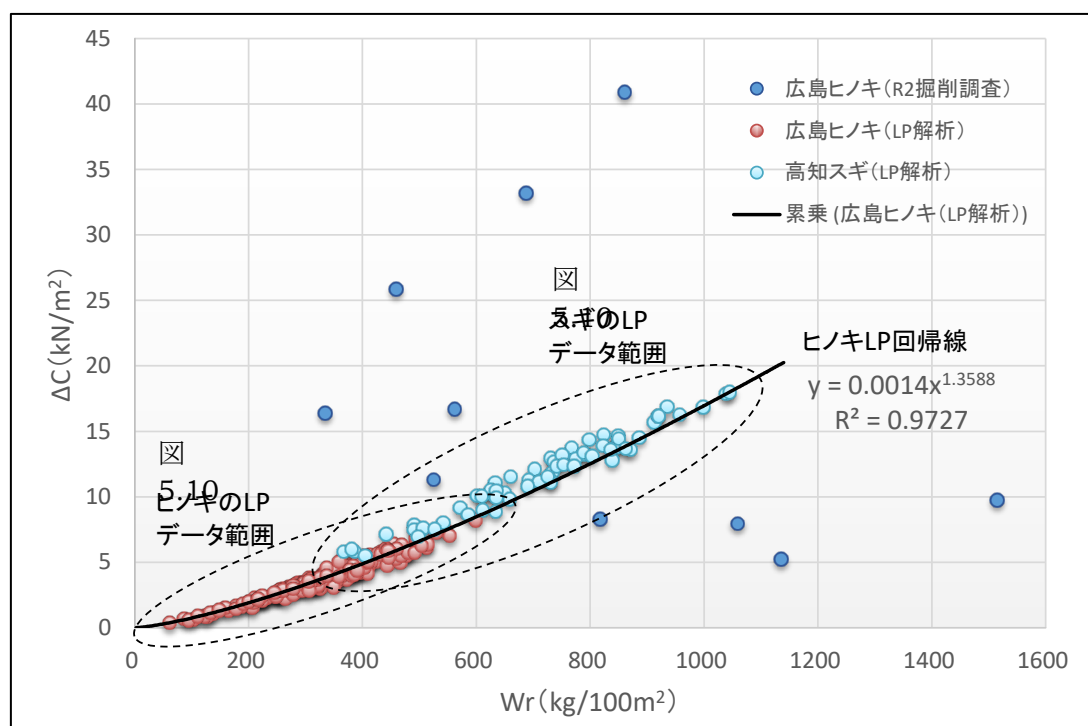


図 5.11 ΔC と Wr の相関図

5.2.4 P、 ΔC 、 Wr の相互比較

(1) 3つの指標による崩壊防止機能区分の算定（手引、 ΔC 、 Wr ）

以下3種類の方法により、①崩壊防止機能区分、② ΔC 、③ Wr を算定した。

基礎作業 1. 検討単位は 20m グリッドまたは 10m グリッドとし、LP データから推定された樹種、樹高と立木密度をグリッド単位に整理する。 2. 樹種、樹高と立木密度から胸高直径を推定する。 樹高～胸高直径の関係は現地データがあれば回帰式、なければ当該地域の密度管理図を用いる。 3. 下記 4~6 の手順により、①崩壊防止機能区分、②ΔC、③Wrを算定する。
① 崩壊防止機能区分（林野庁手引 2016 の方法） 4. 樹種評価点 P1、立木密度評価点 P2、胸高直径評価点 P3 を表 5.1 に従いそれぞれ算定する。各評価点の重みは、北原のΔC研究成果に基づき設定されている。 5. 総合評価点 $P=P1 \times P2 \times P3$ より、表 5.2 に基づき森林の土砂崩壊防止機能区分 a~d をグリッドごとに適用する。 6. 得られた崩壊防止機能区分 a~d により、崩壊防止機能の塗り分け図を作成する。
②ΔCマップ（ΣA：胸高断面積合計） 4. グリッドごとの胸高直径、立木密度より、胸高断面積合計ΣA [m²/ha]を算出する。 5. 次式を使い、グリッドごとのΔCを算定する。 $\Delta C = \alpha'(\Sigma A)^{1.4}$ ここで樹種別係数α'：ヒノキ0.0322， スギ0.0384， 広葉樹0.0193 6. 得られたΔC値に基づき、ΔCマップ（塗り分け図）を作成する。

③ Wr (根重量)

4. 胸高直径を基に苅住の単木の根量(現存量)式を用いて、単木の根重量(乾重 kg)を算定する。針葉樹(スギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツ等)は樹種別に、広葉樹は広葉樹平均の式を採用する。
5. 根重量[kg/本]に立木密度を乗じて、単位面積あたり根重量 Wr [kg/m²]をグリッドごとに算定する。
6. 得られた Wr 値に基づき、 Wr マップ(塗り分け図)を作成する。

(2) 3つの指標の相互関係

LPで取得された点群データを基に、森林解析を実施し、樹種、樹高、立木密度、胸高直径を算定した。このデータに基づき、3つの指標(①崩壊防止機能区分、② ΔC 、③ Wr)を(1)に記載した方法で算定した(図 5.12)。したがって、3つの指標はすべて、同じデータ(樹種、樹高、立木密度、胸高直径)に基づき作成されている。

なお、ここでの胸高直径の推定は現地データの回帰式(推定式)ではなく、一般的な密度管理図より求めたものとなっている。

指標同士が相互にどのような関係にあるか、広島野路山国有林のデータを基に検討した。

(a) 対象データ

広島野路山国有林で取得された航空 LP データを対象に実施した17,675本の樹木を対象とする。

樹種区分は以下の3種である。

- ・ヒノキ
- ・アカマツ
- ・広葉樹

Wr の区分の閾値については、マップ作成時点では明確な基準を設定することができなかったため、 ΔC (ΣA)に近いと思われる値で2種類の閾値セットを設けた。

ΔC (手引)の区分については、表 5.2 のとおり。

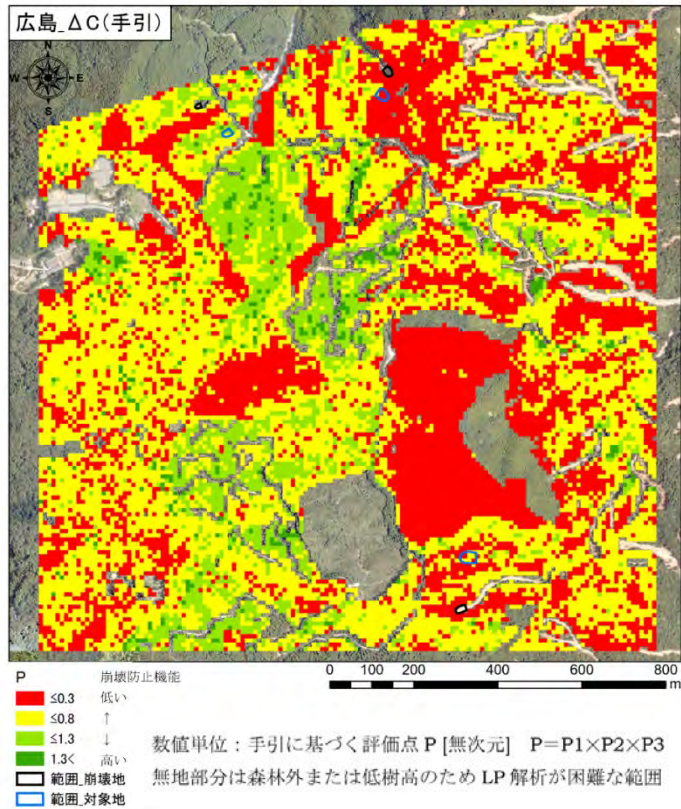
表 5.2 森林の土砂崩壊防止機能区分 a~d (林野庁手引 2016)

森林の土砂崩壊防止機能区分	点P	色区分
a	~0.3	
b	0.3~0.8	
c	0.8~1.3	
d	1.3以上	

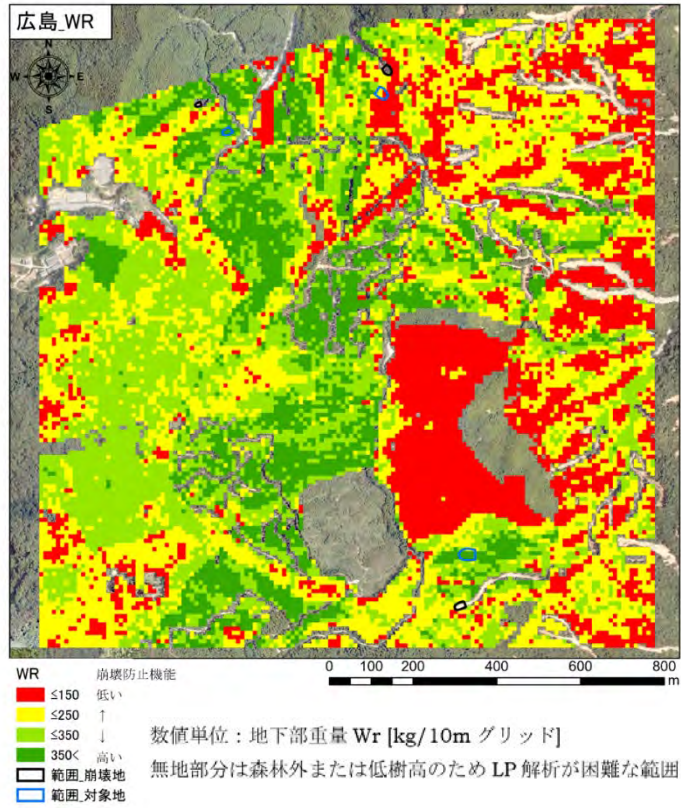
機能 低

機能 高

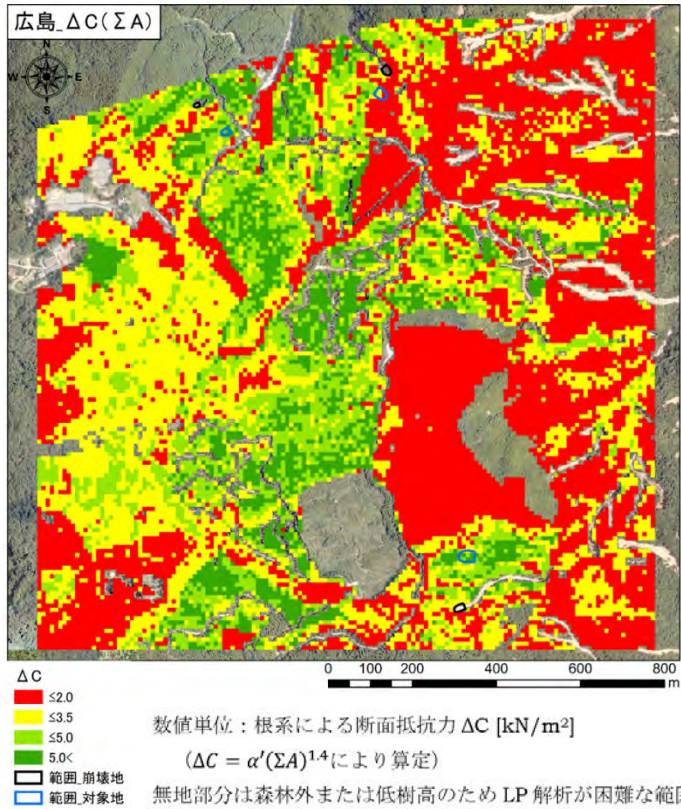
1. 広島 ΔC (手引)



2. 広島 Wr (閾値セット 1)



3. 広島 ΔC (ΣA 胸高断面積合計による)



4. 広島 Wr (閾値セット 2)

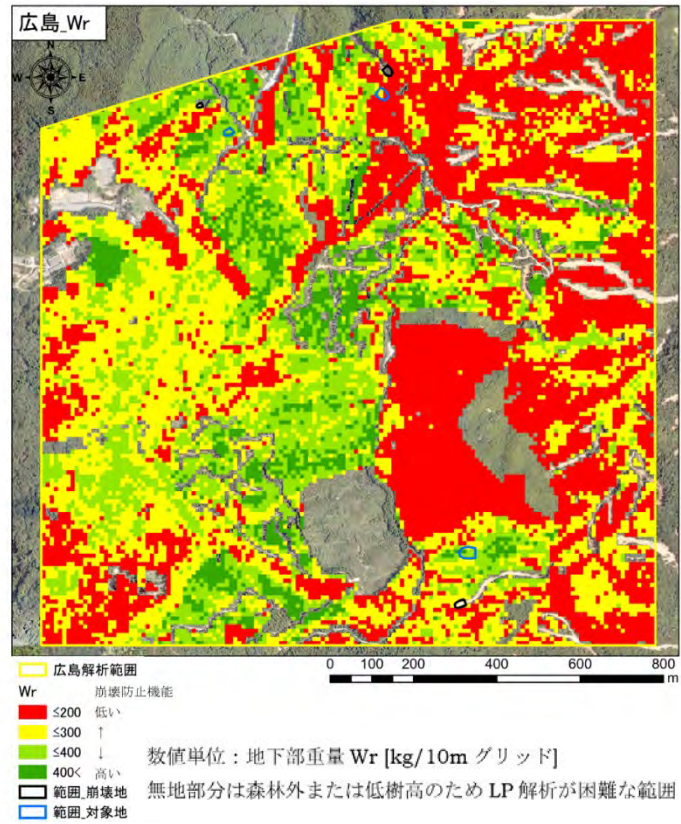


図 5.12 3つの指標(手引、 Wr と ΔC)で作成されたマップ