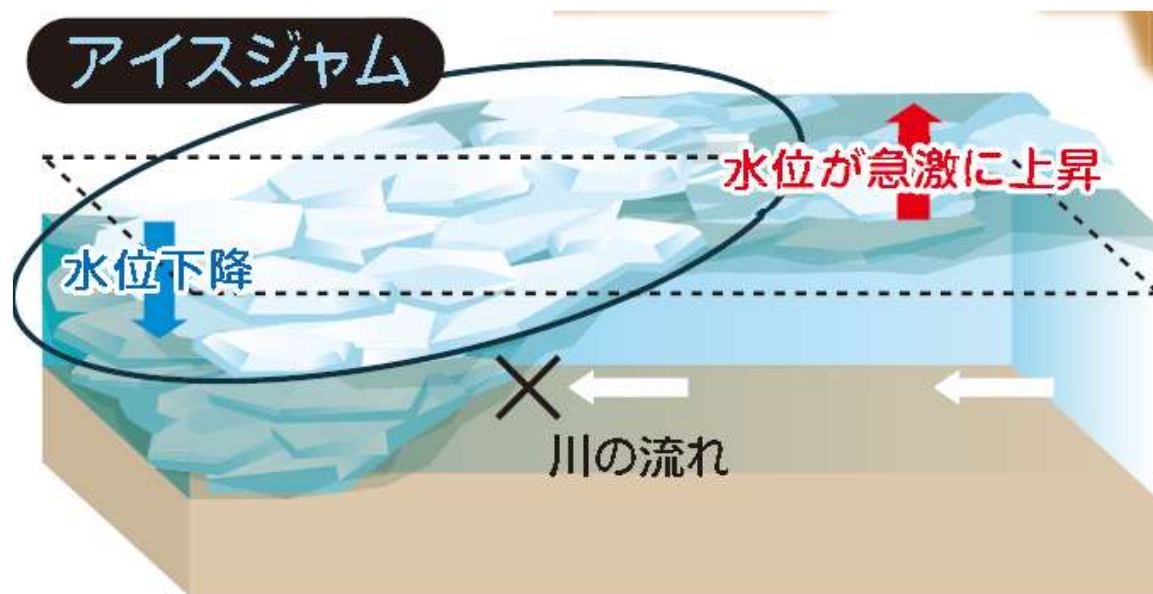


寒冷地河川における 解氷時期推定手法の適用性検討

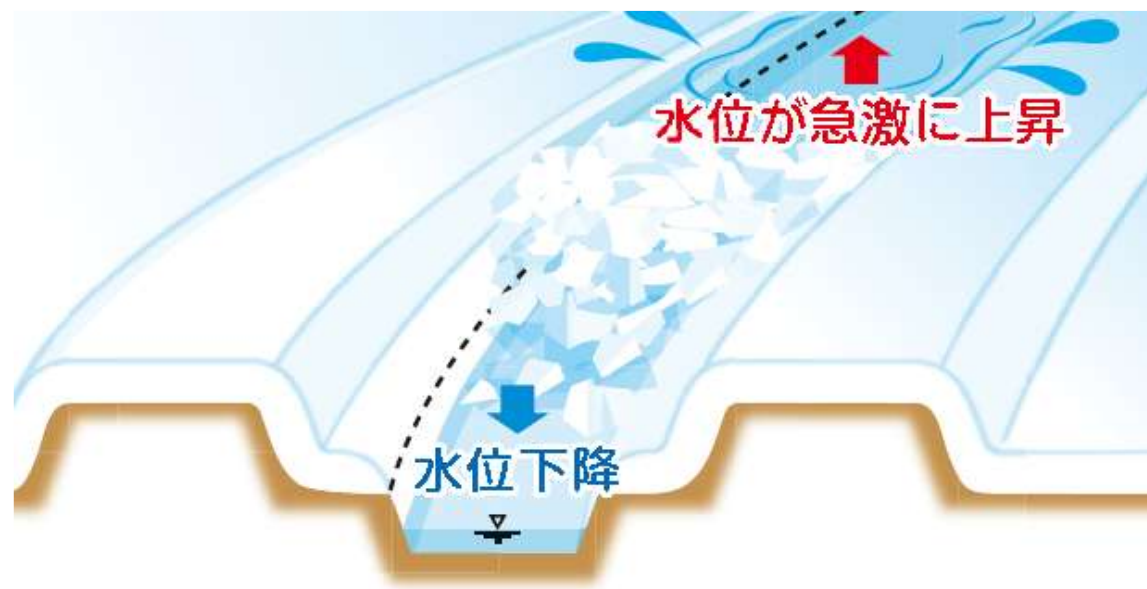
北見工業大学	吉川泰弘
北見工業大学	畠山ひかり
寒地土木研究所	平田智道
寒地土木研究所	阿部孝章

研究の背景

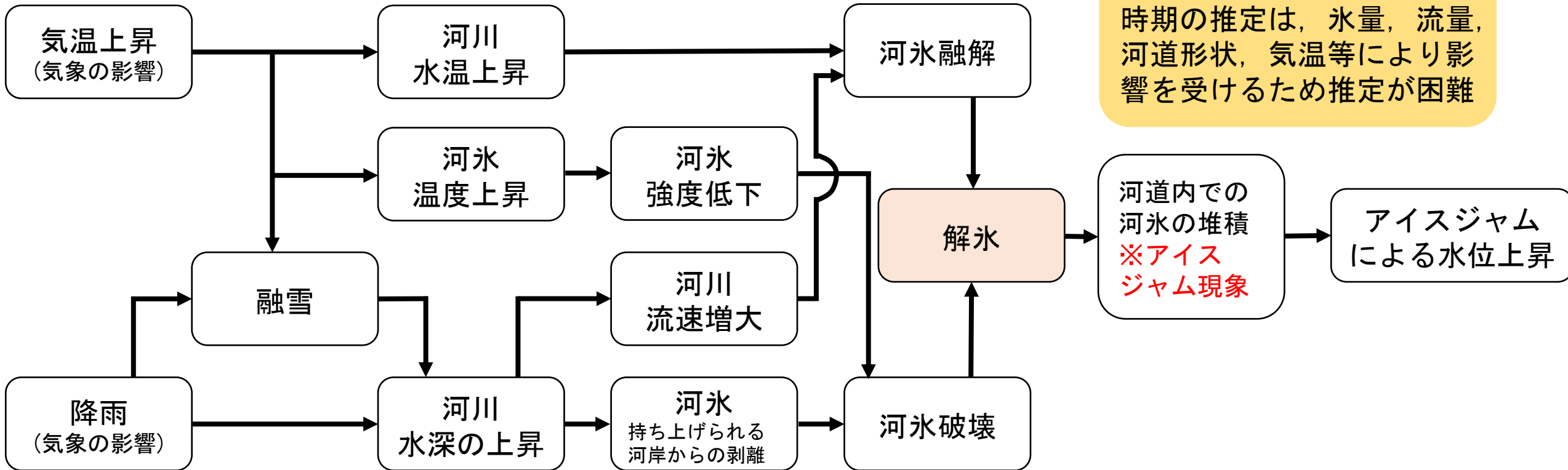
冬期の寒冷地河川では、河川管理および河川工事を実施する上で、急激な水位上昇を引き起こす**アイスジャム**が「いつ」「どこで」「どの程度の規模」で発生するのかについて、**事前に推定**する技術が求められている



十勝太水位観測所
2018年3月9日 (13:19~13:25) 10倍速



アイスジャム現象と解氷現象



アイスジャムの発生前に現れる**解氷現象**について、
氷板厚の変動加速度 P_B 値を用いて推定する手法が提案

- ・ 空振りはあるが見逃しはゼロであり有用性は確認

課題

- ・ P_B 値の閾値については十分には検討されていない

研究の目的

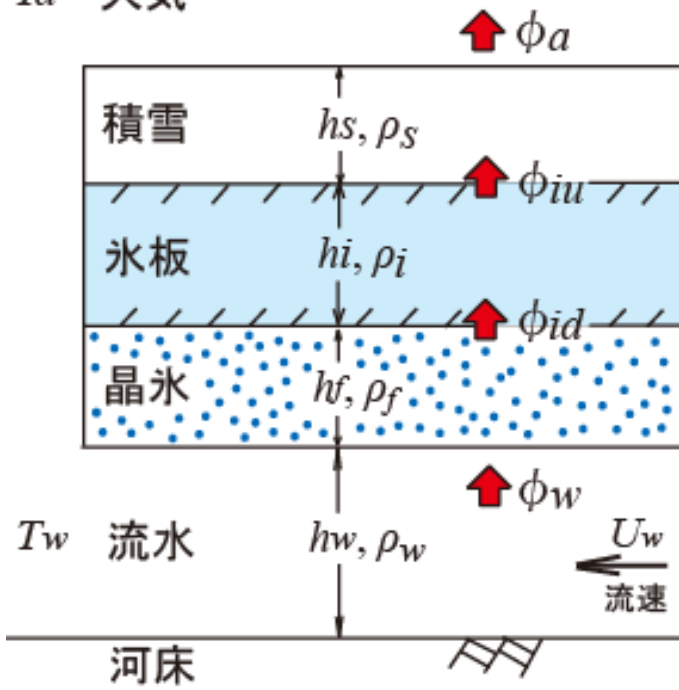
アイスジャムの発生前に現れる**解氷現象の時期を推定**するために、
氷板厚の変動加速度 P_B 値を用いる推定手法を実河川へ適応し
 P_B 値の閾値を検討すること



- 2008年の天塩川における氷板厚の実測値を基に
本手法の妥当性の確認と P_B 値を算出
- 2018年と2020年に北海道内で発生した
12河川のアイスジャム現象を対象に P_B 値の閾値の検討を実施

氷板厚計算式

T_a 大気



$$\rho_s L_s \frac{dh_s}{dt} = \phi_a - \phi_{iu}$$

$$\rho_i L_i \frac{dh_i}{dt} = \phi_{iu} - \phi_{id}$$

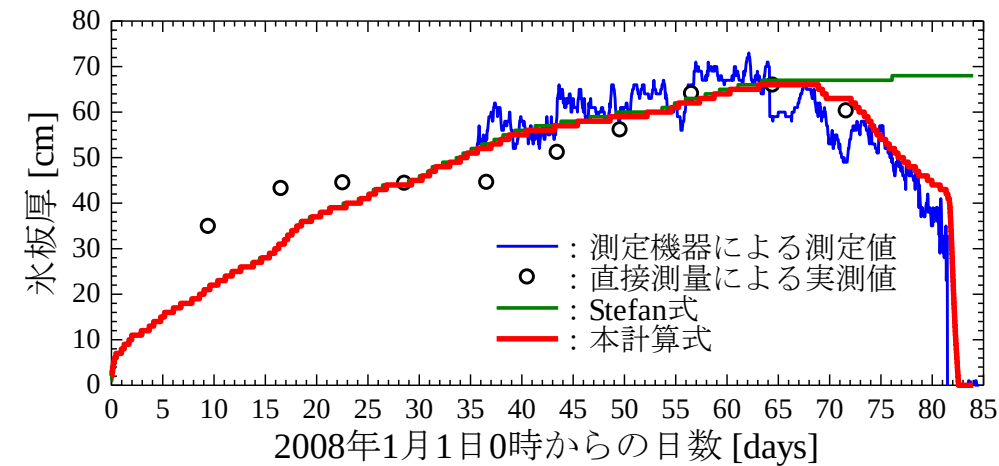
$$\rho_f L_f \frac{dh_f}{dt} = \phi_{id} - \phi_w$$



整理すると . . .

$$h_i = h'_i - \left(\frac{65.2}{10^5} \right) \alpha \frac{T_a}{h'_i} - \left(\frac{45.8}{10^2} \right) \beta^{4/5} T_w h_w^{1/3}$$

h_i : 氷板厚(m), h'_i : Δt 前の氷板厚(m), T_a : 気温($^{\circ}\text{C}$),
 T_w : 水温($^{\circ}\text{C}$), h_w : 有効水深(m), α , β : 係数



入力値 : 6つ

気温 T_a

流量 Q

川幅 B

河床勾配 I_b

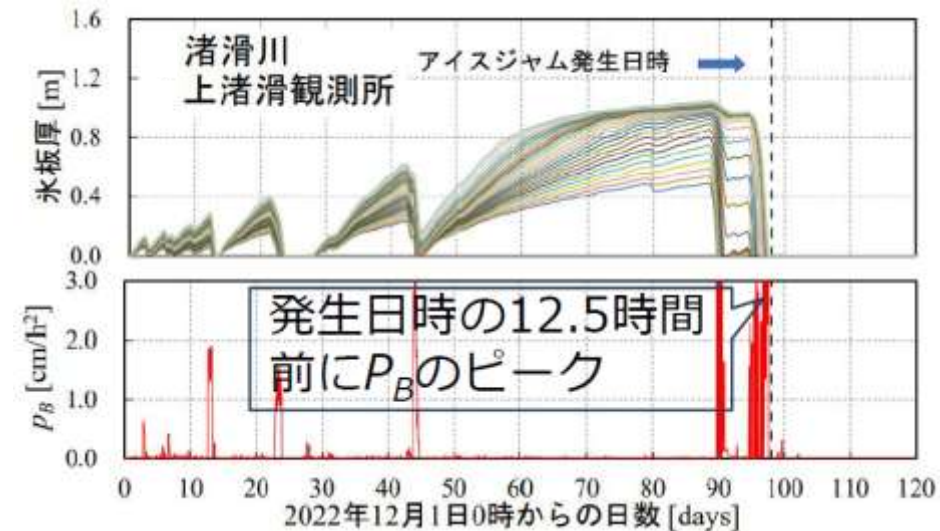
マンニングの粗度係数 n

計算上の全面結氷時の氷板厚 h_{im}

解氷時期推定手法

$$h_i = h'_i - \left(\frac{65.2}{10^5}\right) \alpha \frac{T_a}{h'_i} - \left(\frac{45.8}{10^2}\right) \beta^{4/5} T_w h_w^{1/3}$$

- ・ 積雪・融雪・降雨の影響は無視して入力値を減
- ・ 計算上の最小水温 T_{wm} を $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ から $-0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ の範囲で任意の温度刻みで固定値を与えて h_i を計算
- ・ この h_i の変動加速度 (P_B 値) を求め、各時刻における最大値を求める手法



P_B (Peak of Break-up) 値 : 計算氷板厚 h_i を時間で2 階微分した値

$$P_{B(T,case)} = \frac{d^2 h_{i(T,case)}}{dt^2}$$

T : 計算時間
 $case$: 計算ケース

本手法の P_B 値 : 各時刻において各ケースにおける P_B 値の最大値

$$P_{B(T)} = \max P_{B(T,case)}$$

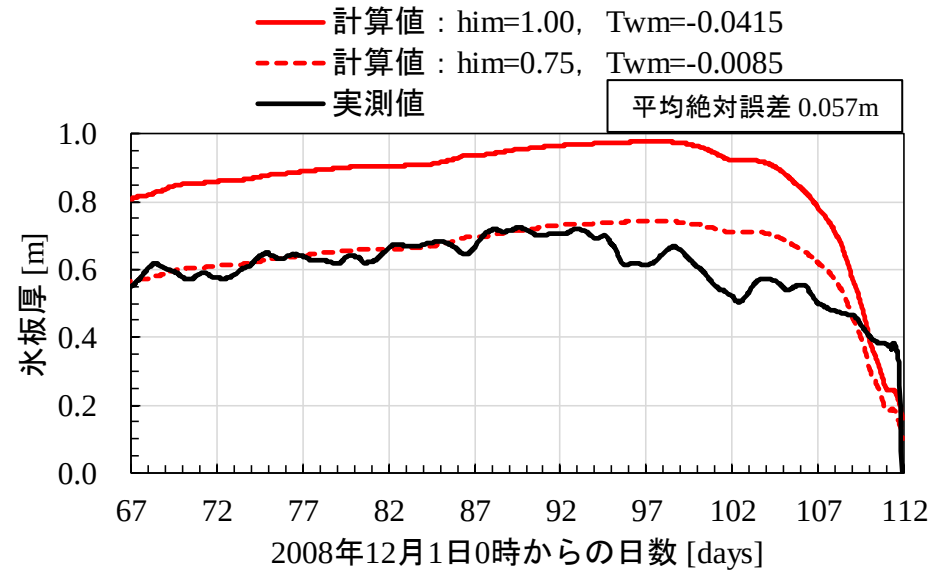
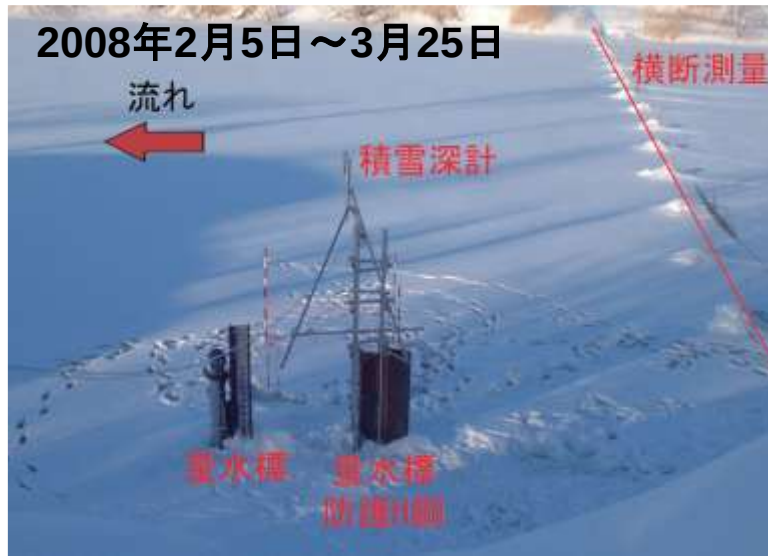
本検討では,

計算上の最小水温を $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ から $-0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ の範囲で $0.0005\text{ }^{\circ}\text{C}$ 毎に固定して計算

→ h_i は201の計算ケース毎に出力

※ $201 = 0.1 \div 0.0005 + 1$

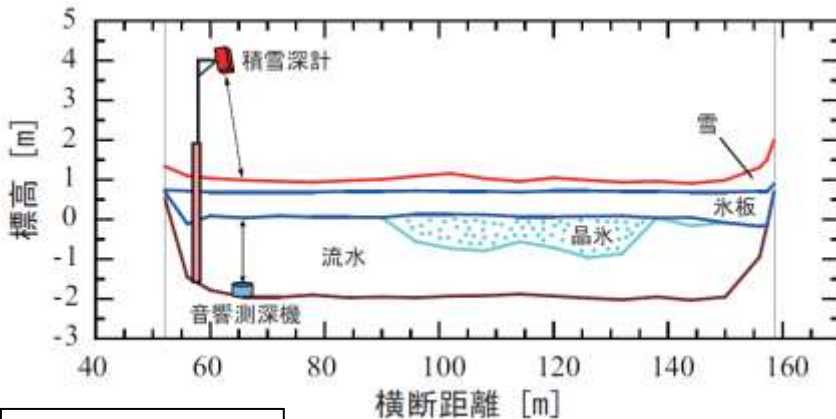
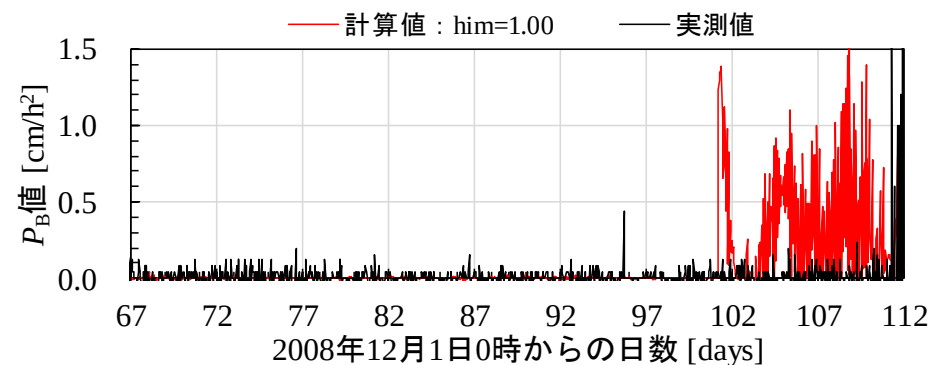
氷板厚の実測値に基づく本手法の妥当性



P_B 値の実測値
氷板厚がゼロとなる
111.833日目から
1時間後の P_B 値は
 1.2 cm/h^2

P_B 値の計算値 ($h_{im}=1.00$)
110.000日目に
 P_B 値が 1.0 cm/h^2 以上

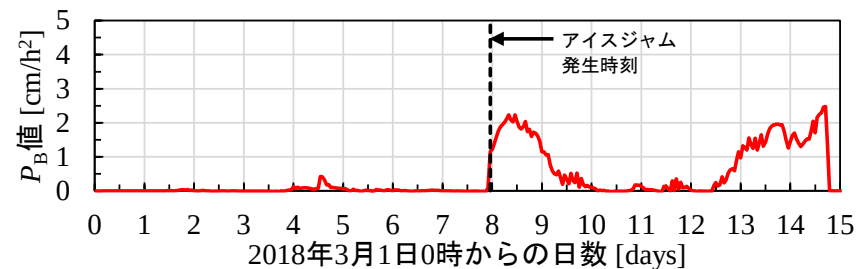
誤差
1日と20時間



天塩川
円山観測所

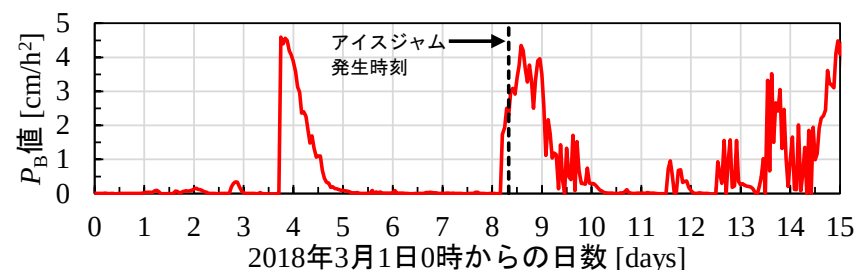
- ・ 解氷時期推定手法の P_B 値の閾値として 1.0 cm/h^2 が示された
- ・ $n=0.035$, $h_{im} 1.00$ が設定の目安として示された

アイスジャム発生時刻と P_B 値



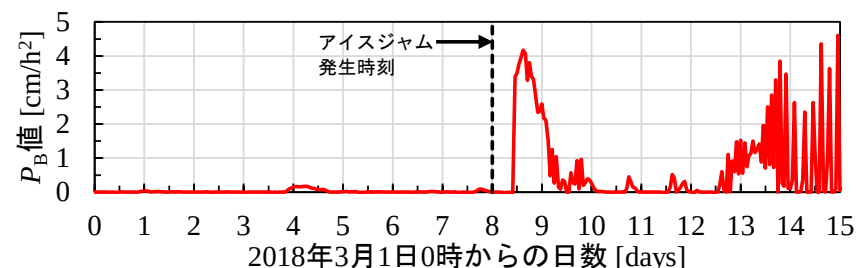
a) ケヌフチ川 (2018年)

アイスジャム発生時刻と**同時刻**, P_B 値は 1.2



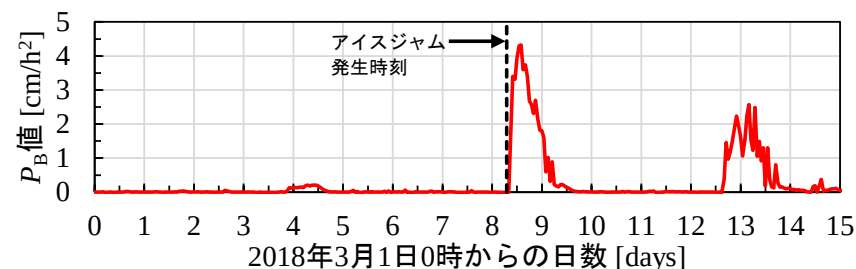
b) 浦幌川 (2018年)

アイスジャム発生時刻の**3時間前**であり, P_B 値は 1.7



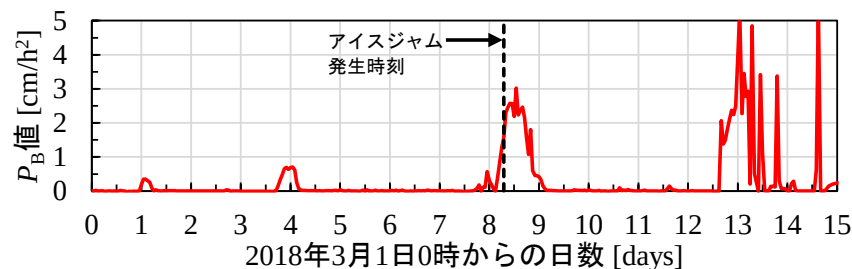
c) 沙流川 (2018年)

アイスジャム発生時刻の**11時間後**であり, P_B 値は 3.4



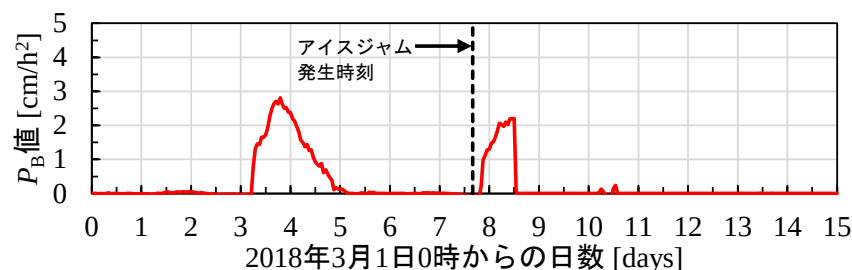
d) 常呂川 (2018年)

アイスジャム発生時刻の**2時間後**であり, P_B 値は 1.7



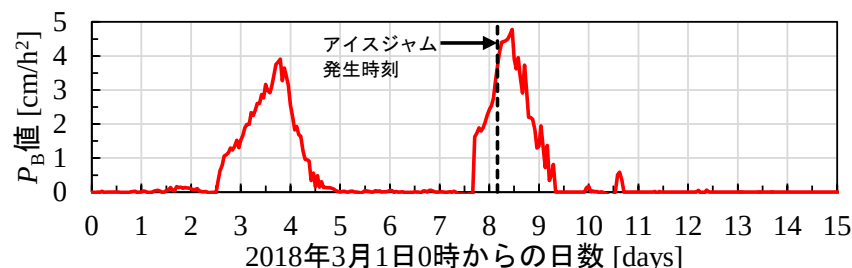
e) 辺別川 (2018年)

アイスジャム発生時刻の**1時間前**であり, P_B 値は 1.3



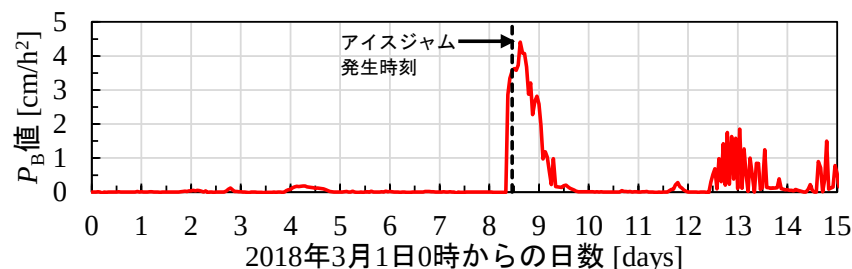
f) 望月寒川 (2018年)

アイスジャム発生時刻の**6時間後**であり, P_B 値は 1.1



g) 鷗川 (2018年)

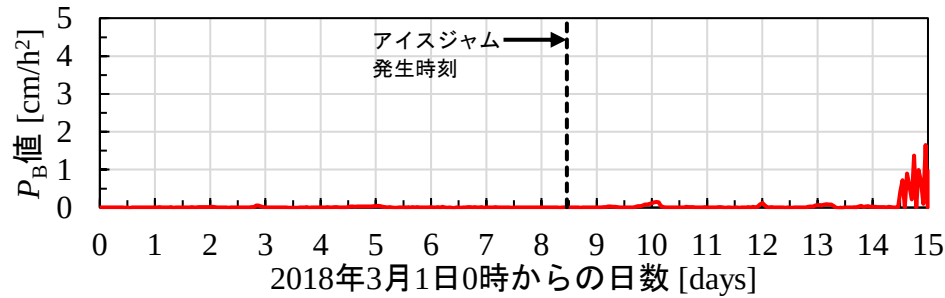
アイスジャム発生時刻の**11時間前**であり, P_B 値は 1.6



h) 網走川 (2018年)

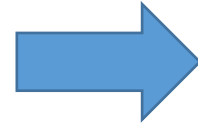
アイスジャム発生時刻の**2時間前**であり, P_B 値は 2.9

アイスジャム発生時刻と P_B 値

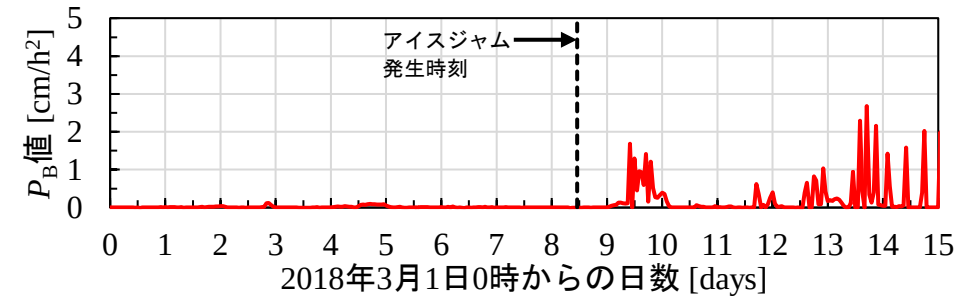


i-1) 利別川, $n = 0.035$ (2018年)

アイスジャム発生時刻から **151時間後**
であり, P_B 値は 1.4



パラメータ
変更



i-2) 利別川, $n = 0.020$ (2018年)

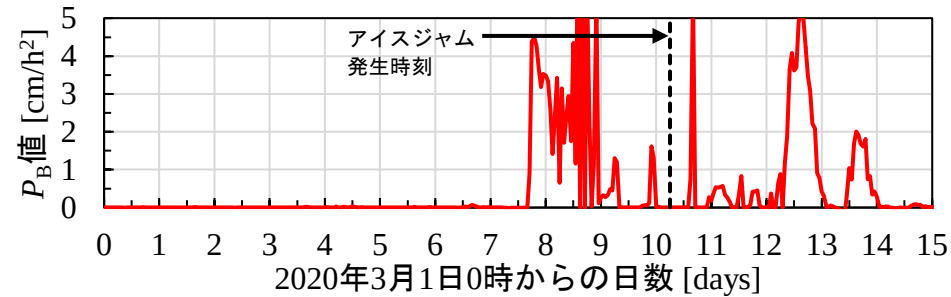
アイスジャム発生時刻から **23時間後**
であり, P_B 値は 1.7

P_B 値の上昇が実現象よりも遅れている→計算上の氷板の融解が遅い

計算上において氷板の融解を早めるために流速を大きくすることを試みた
→計算上の粗度係数 n を小さく与えた

【注意】 実現象の粗度係数は河床と河氷の形状により決まる物性値であるため、
本検討の粗度係数は厳密には実現象を表現出来ていない

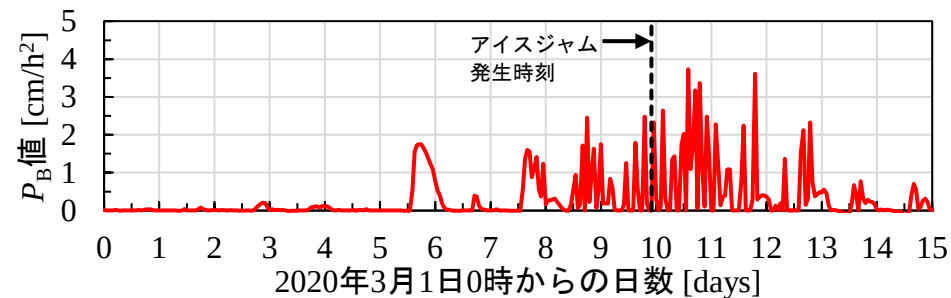
アイスジャム発生時刻と P_B 値



- j) 網走川 (2020年)
 P_B 値が 1.0 以上となる時刻は、
アイスジャム発生時刻の**6時間前**であり、 P_B 値は 1.3



- k) オサラッペ川 (2020年)
 P_B 値が 1.0 以上となる時刻は、
アイスジャム発生時刻の**3時間前**であり、 P_B 値は 1.8



- l) 浦幌川 (2020年)
PB 値が 1.0 以上となる時刻は、
アイスジャム発生時刻の**3時間前**であり、PB 値は 2.5

12河川の内、11河川はアイスジャムの発生時刻の前後12時間以内に P_B 値が 1.0 以上となり、アイスジャム発生前の解氷現象を推定可能である事を確認した

解氷時期推定手法の実運用

T_a : 日本気象協会の天気予報の10日後までの気温

Q , 水位 : 渇水時の値. 渇水位と実水位が異なる場合には冬期間の実測値の
平均値. 水位と横断データから川幅 B を算出

I_b : 平均河床勾配. データが無い場合は本検討と同様に計画高水勾配

n : 0.035 (基準値)

h_{im} : 1.00 (基準値)

※ Q , B , I_b は固定値. しかし実現象として, これらの値の変動が大きい場合は, 再度, 検討が必要

■実現象と PB 値の計算結果が一致しない場合

n , h_{im} を検討して再設定する

n が小さく h_{im} が大きいと P_B 値の上昇時期は早くなる

補足 : n は流速に影響を与え h_{im} は水温に影響を与えるため, 結果的に氷板厚の融解に影響を与える

まとめ

- 天塩川での実測氷板厚における P_B 値は、氷板厚がゼロとなる時刻の1時間後で 1.2cm/h^2 の値であった
- 12河川のアイスジャム現象を対象とした P_B 値の閾値の検討の結果、11河川がアイスジャム発生時刻の前後12時間以内に P_B 値が 1.0cm/h^2 以上の値を示した。残りの1河川においてもアイスジャム発生時刻の23時間後に P_B 値が 1.0cm/h^2 以上となった
- 本検討により P_B 値の閾値として 1.0cm/h^2 が導かれた
- 本手法の気温に予測値を与える事で、 P_B 値の閾値を目安にアイスジャム発生前の解氷時期を事前に推定出来る。実運用上、10日先まで推定が可能であり、今回の検討より、その推定精度は、12河川中11河川で±12時間、1河川で±1日であった

補足

氷板厚の実測値（天塩川）に基づく本手法の妥当性

入力値

Ta は気象庁観測所の毎時データを与えた

Q は水文水質データベースの値を用いて試行錯誤を行い，実測値と一致する2007年の湧水流量 $38.23\text{m}^3/\text{s}$ を与えた

B は湧水流量時の水位 0.2m と国土交通省北海道開発局の河川定期縦横断測量データの横断測量データを用いて，水面幅 85.043m を算出し与えた

Ib は国土交通省河川整備計画の計画高水勾配 $1/3127$ を与えた

n は $0.035\text{s}/\text{m}^{(1/3)}$ を与えた

him は，実測値に一致するように試行錯誤を行い 0.75m を与えた

氷板厚の実測値と $\text{him}=0.75$ の計算値の平均絶対誤差は 0.057m であった

アイスジャム現象（12河川）を対象としたアイスジャム発生時刻と PB 値

入力値

Ta は気象庁観測所の毎時データを与えた

Q は，水文水質データベースより取得した1時間毎の水位を基に，3月1日の0時からアイスジャム発生時刻までの期間の水文水質データベースの流量の平均値を与えた

B は，アイスジャム発生前の水位と横断測量データを用いて水面幅を算出して与えた

Ib は，国土交通省河川整備計画の計画高水勾配を与えた

前述に倣い $n=0.035$ ， $h_{im}=1.00$ とした

本手法で固定値として与えている値は実現象では変動するが，本検討では実運用を考慮して固定値を与えた