

地温を利用したリンゴ開花予測モデルの優位性とその実用 Superiority of Soil Temperature Based Model for Prediction of Apple Bloom and Its Application to Actual Orchards

○加藤幸¹・伊藤哲²・三石正一³・溝口勝⁴

KATO Koh¹, ITO Tetsu², MITSUISHI Shoichi³, MIZOGUCHI Masaru⁴

1. 研究の背景と目的： 青森県では前年に続き 2013 年も記録的な豪雪となり，リンゴ園では枝折れや幹の転倒・割裂などが多発している．大量の積雪により農園そのものが埋もれ，剪定など春先の作業が大幅に遅れている．このような中，農家が作業計画を立てる際，指標となるのが「開花日」である．この時期を目処に様々な作業が行われるほか，防除作業の日程調整がなされる．そのため，開花時期を融雪期の早い段階で把握できれば，その後の作業計画の立案がしやすくなり，作業そのものの円滑化を支援することができる．このような観点から，本研究ではリンゴ開花日予測モデルのうち，地温モデル（佐藤ほか 2010, 2011）について，その優位性と農園レベルでの実用の可能性について検討した．

2. 調査方法： 青森県津軽地方のリンゴ園で，気象および土壌に関するモニタリングを行った．気象計（Davis Vantage Pro2），土壌センサ（Decagon 5TE）を設置し，気象データおよび土壌データ（地温・土壌水分・電気伝導度）を収集した．データは，FMS（溝口 2012）を活用し準リアルタイムで取得すると同時に，実際に農園で農家への聞き取りを実施した．

3. 結果と考察

（1）対象の開花予測モデル： 気温と地温を利用した2つのモデルを検証した．積算温量モデル（野呂ほか 1986）は，発芽日からの気温の有効温量（気温-3.75）の積算にもとづいて開花日を予測する．青森県の代表的な品種である“ふじ”の場合，積算温量が 197.1℃以上とされ，このモデルにもとづいた開花予測が農家向けに提供されている．地温モデルは，融雪期の地温が日周期変動を始める日から深部地温（64cm）を線形近似し，開花の目処となる地温（約 10℃）の到達日を概算することで開花時期を予測する（佐藤ほか 2011）．

（2）地温モデルの優位性： 青森県では3月中頃から融雪期を迎え，例年3月末から4月初旬に消雪する（調査園地では 4/3(2010), 3/30(2011))．しかし，2012 年は記録的な大雪と低温傾向のため消雪日は 4/13 であった．Fig.1 に 2010～2012 年における調査園地の4月の気温を示した．2012 年は4月前半が極端な低温傾向，後半は一点して高温傾向を示した（日平均気温は上旬 2.5℃，中旬 7.6℃，下旬 12.0℃）．その結果，実際の開花日は 2010, 11 年（5/17, 5/16）に比べむしろ早まり 5/10 に開花した．さらに，発芽から開花までの日数が例年（約 40 日程度）の半分近い 26 日と特殊な生育状況を示した．このような条件下でも，両モデルは高い予測精度を示した（加藤 2012）．

しかし，農家のニーズに応えるためには，実際の開花の何日前に正しい予測が可能かという観点からの検証が求められる．積算温量モデルは過去の気温統計値に依存しているため，融雪初

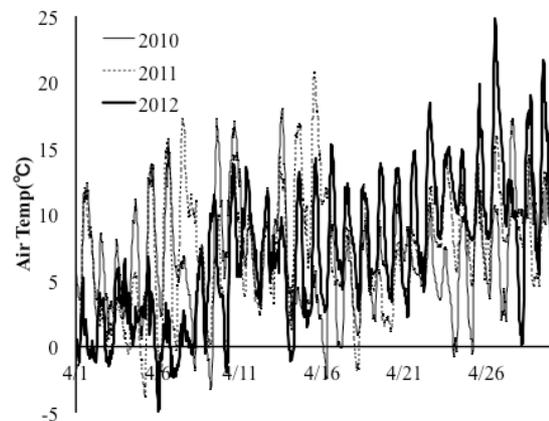


Fig.1 4月の園地気温の変化 (2010-2012)

期（例えば 2012 年の 4 月初旬）にその後の極端な気温上昇をふまえた予測は困難である。一方、地温モデルは、融雪後、ほぼ直線的に上昇する深部地温を線形近似し、目処となる温度（10℃）に到達する日数を概算することで、極端な気候変化に対応した予測が可能である（Fig.2）。Table 1 は、両モデルを活用し、調査園地で実際の開花を正しく予測できた時期を検証したものである。2010,2011 年では両モデルに大きな差はなく、いずれも実際の開花の 2 週間程前に概ね正しい予測ができた。しかし、4 月の気温が大きく変動した 2012 年では、地温モデルが積算温量モデルより 11 日早い段階で正しい予測結果を示した。

この結果は、地温モデルが天候変化の大きい年ほど優位性を有していることを表すものであり、気候変化が激しい昨今の天候に生産現場レベルでの適応策を検討するうえで大きな助けとなる。

また、早い段階で開花時期を把握したいという農家の要望に、簡便な計算で対応でき、現場ニーズに沿うものと言える。

（3）地温モデルの生産現場での利用：地温モデルの生産現場での利用を考える場合、土壌センサのコストと設置、維持管理が大きな課題となる。そこで、簡便で実用的な対応策として堆肥用温度計（シンワ 90cm 72611）を活用し 2 つの農園で地温を簡易計測した。アナログ式で単純に目盛りを読むだけの温度計を所定の深さ（64cm）まで挿入し、地温を測定した結果が Fig. 3 である。それほど精度の高くない数回の計測結果であるが、地温モデルで予測開花日をもとめると、実際の開花日との差は 2 日程度であった。つまり、このモデルは簡易計測をもとに各農園に応じた開花時期の予測に利用可能であることを意味している。必ずしも高性能な土壌センサに依存せず、設置や維持管理面できわめて簡易に実用可能な地温モデルは、生産現場で日常的に活用することができるといえる。

4. おわりに：モニタリングデータをもとにした詳細な分析により、予測モデルの汎用化と精度向上を図ると同時に、農家との連携から実践的簡易モデルの普及を目指していく。さらに、センサーネットワークを活用して現象を把握し、それをもとに実用的な簡便法を提示することで、農業分野での ICT の普及と技術継承のサポートを進めていく予定である。

謝辞：本研究を進めるのにあたり、2013 年 3 月卒業の春山雅哉君（現：札幌市役所）から多大な協力を得た。また、本研究の一部は科学研究費補助金（研究課題番号 24580344）にもとづき行った。

参考文献：野呂ほか(1986)：発芽後の有効積算温量によるリンゴの開花日の予測，園学雑，54(4)，405-415。佐藤ほか(2010)：農地モニタリングを用いたリンゴの開花日予測手法の検討，第 53 回農業農村工学会東北支部大会要旨，106-107。佐藤ほか(2011)：園地モニタリングデータを利用したリンゴ開花日予測手法の考案，農業農村工学会大会要旨 CD。溝口(2012)：ワールドモニタリングシステム，水土の知，80(9),50。加藤(2012)：農園地情報を利用したリンゴ栽培と技術継承の可能性，平成 24 年度弘前大学農学生命科学部付属生物共生教育研究センター公開講座要旨

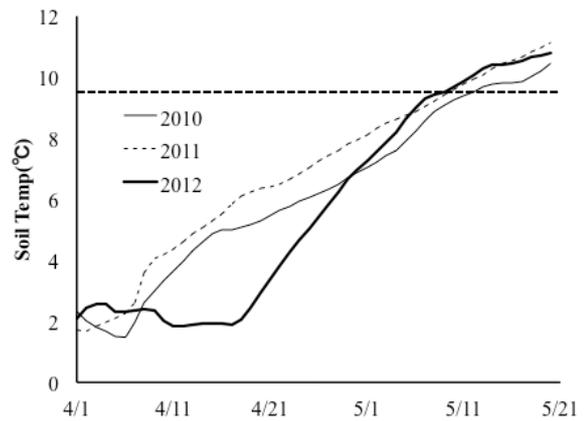


Fig.2 開花期の地温(64cm 深)の変化(2010-2012)

Table 1 両モデルによる開花の予測可能日

Year	Measured Bloom date	Soil Temp Based Model	Total Effective Temp Model
2010	5/16	4/25	4/28
2011	5/17	4/30	4/28
2012	5/10	4/21	5/2

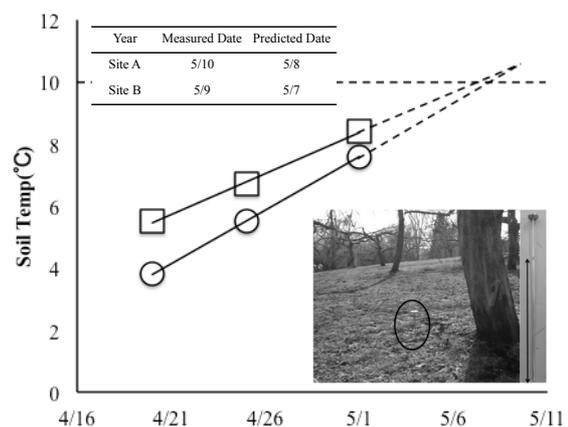


Fig.3 地温モデルを利用した園地での実践的開花予測