

การวิเคราะห์ปริมาณการเปลี่ยนโพลาไรเซชันเนื่องจากฝน

การหาปริมาณการเปลี่ยนโพลาไรเซชันเนื่องจากฝนในรูปของการแยกแยะโพลาไรเซชันไขว้จำเป็นต้องทราบระดับสัญญาณทั้งในแนวโพลาไรซ์ร่วมแนวและโพลาไรซ์ข้ามแนวที่อุปกรณ์ทางภาครับรับได้ ระดับสัญญาณนี้ทำได้จากสมการการส่งผ่าน (transmission equation) โดยอาศัยแบบจำลองเชิงเรขาคณิตซึ่งแสดงทิศระหว่างแนวโพลาไรเซชันของคลื่นระนาบและแนวแกนหลักของตัวกลาง (บรรยากาศที่มีอนุภาคฝนเจือปนอยู่) และค่าคงตัวการแพร่กระจายในรูปของค่าสภาพยอมประสิทธิผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในบทที่แล้ว เนื่องจากค่าสภาพยอมประสิทธิผลขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าหรือค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของน้ำ และลักษณะสมบัติทางกายภาพอันได้แก่ขนาด รูปร่างทางกายภาพ ความเร็วในการตก ลักษณะการวางตัวและกระจายตัวของอนุภาคฝน ซึ่งค่าเหล่านี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการกระจายขนาด การใช้ค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของน้ำและรูปแบบของการกระจายขนาดที่ต่างกันย่อมมีผลต่อลักษณะสมบัติการแพร่กระจายคลื่น ดังนั้นก่อนการหาปริมาณการเปลี่ยนโพลาไรเซชัน ในตอนต้นของบทนี้จะทำการวิเคราะห์ก่อนว่าการใช้ค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของน้ำและรูปแบบของการกระจายขนาดที่ต่างกันมีผลต่อลักษณะสมบัติการแพร่กระจายอย่างไร จากนั้นจึงนำเสนอแบบจำลองเชิงเรขาคณิตซึ่งแสดงทิศระหว่างแนวโพลาไรเซชันของคลื่นระนาบและแนวแกนหลักของตัวกลางสำหรับใช้ในการสังเคราะห์สมการการส่งผ่าน จากสมการการส่งผ่านที่ได้ การหาปริมาณการเปลี่ยนโพลาไรเซชันในรูปของการแยกแยะโพลาไรเซชันไขว้จะทำโดยแปรพารามิเตอร์ที่สำคัญ 3 ค่า คือ ความถี่ปฏิบัติการ อัตราการตกของฝน และมุมเอียงปรากฏ (apparent canting angle) เพื่อให้ครอบคลุมรูปแบบที่เป็นไปได้ในท้ายสื่อสารจริง

ผลของการแปรค่าปัจจัยที่มีต่อลักษณะสมบัติการแพร่กระจาย

พิจารณาบรรยากาศขณะที่มีฝนตกว่าเป็นตัวกลางเอกพันธ์ที่มีการสูญเสียและแอนไอโซทรอปิก ค่าคงตัวการลดทอนและค่าคงตัวการเลี้ยวเฟสหรือเรียกโดยรวมว่าค่าคงตัวการแพร่กระจายซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะสมบัติของตัวกลางจะขึ้นอยู่กับค่าสภาพยอมประสิทธิผลของบรรยากาศขณะนั้น จากการวิเคราะห์ในบทที่ 2 พบว่า ค่าสภาพยอมประสิทธิผลนี้แปรตามค่าความแยกขั้วได้ (polarizability) โดยปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแยกขั้วได้ได้แก่ อุณหภูมิซึ่งเป็นตัวกำหนดค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของน้ำฝน อัตราการตกของฝนซึ่งเป็นตัว

กำหนดขนาด การกระจายขนาดของอนุภาคฝน และค่าความเบี่ยงของแต่ละอนุภาค ในสภาพบรรยากาศจริง ค่าสภาพยอมประสิทธิผลของบรรยากาศระหว่างชายเชื่อมโยงใด ๆ มีค่าไม่คงที่ตลอดวิถีการแพร่กระจาย (propagation path) เนื่องจากอัตราการตกของฝนตามแนวหน้าตัดด้านข้าง (profile) ของวิถีมีค่าไม่คงที่ตลอดวิถี โดยขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ เวลา ข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลท้องถิ่นจึงไม่สะดวกและไม่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์ การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบลักษณะสมบัติการแพร่กระจายคลื่นเมื่อใช้ค่าปัจจัยที่ต่างกันและการหาปริมาณการเปลี่ยนโพลาไรเซชันเนื่องจากฝนที่จะกล่าวถึงในภายหลังจึงทำโดยกำหนดให้การกระจายตัวของอัตราการตกของฝนตามแนวหน้าตัดด้านข้างตลอดวิถีการแพร่กระจายมีลักษณะเป็นแบบเอกรูป และกำหนดชุดค่าปัจจัยสำหรับเปรียบเทียบดังนี้

1. ค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของน้ำตามสมการของเดบายแบบดัดแปร (Modified Debye's equation) หรือสมการ (2.5 ก) และ (2.5 ข) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
2. อัตราการตกของฝนที่ 50.8 และ 101.6 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง
3. สภาพยอมประสิทธิผลสำหรับการวิเคราะห์ที่ความถี่สูงตามสมการ (2.29)
4. ค่าเฉลี่ยของขนาดและความเบี่ยงของอนุภาคฝนโดยอาศัยการกระจายขนาดแบบ Laws และ Parsons)

ค่าปัจจัยทั้งหมดจะใช้เป็นพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์หาปริมาณการเปลี่ยนโพลาไรเซชันเนื่องจากฝนในตอนท้ายของบทนี้ ยกเว้นการกระจายขนาดของอนุภาคฝนจะเปลี่ยนจากการกระจายขนาดแบบ Laws และ Parsons เป็นแบบ Marshall และ Palmer เพื่อความยืดหยุ่นและความสะดวกในการวิเคราะห์ สำหรับในการทดสอบค่าปัจจัยใช้ค่าการกระจายขนาดแบบ Laws และ Parsons เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์โดย Kharadly and Choi (1988) และเป็นการทวนสอบค่าสภาพยอมประสิทธิผลสำหรับการวิเคราะห์ที่ความถี่สูงตามสมการ (2.29) ด้วย

สำหรับวิธีการทดสอบค่าสภาพยอมและรูปแบบของการกระจายขนาดนี้ทำโดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หาการแพร่กระจายจำเพาะ (specific attenuation) และสัมประสิทธิ์ผลต่างของการแพร่กระจาย (differential propagation coefficient) ค่าปัจจัยที่เป็นค่าที่ถูกทดสอบจะเป็นพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ขณะที่ค่าอื่นคงไว้ตามที่กำหนดข้างต้น

1. สภาพยอมประสิทธิผลสำหรับการวิเคราะห์ที่ความถี่สูง

การทวนสอบค่าสภาพยอมประสิทธิผลสำหรับการวิเคราะห์ที่ความถี่สูงเป็นการทวนสอบค่าสภาพยอมตามสมการ (2.29) ด้วยการเปรียบเทียบผลการหาปริมาณการแพร่กระจายจำเพาะและสัมประสิทธิ์ผลต่างของการแพร่กระจายกับผลการวิเคราะห์โดย Kharadly and Choi (1988) โดยใช้ค่าปัจจัยต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ข้างต้น สำหรับค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคฝนที่ได้จากการกระจายขนาดแบบ Laws และ Parsons ที่อัตราการตกต่าง ๆ คำนวณมาจากค่าร้อยละของปริมาตรของอนุภาคฝนที่มีขนาดในช่วงที่กำหนดต่อปริมาตรฝนทั้งหมด ดังแสดงรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ก. และผลการคำนวณในภาคผนวก ค. โดยที่ค่าเฉลี่ยของขนาดของอนุภาคฝนหมายถึงรัศมีเฉลี่ยของอนุภาคทรงกลมที่มีปริมาตรเท่ากับอนุภาคฝนทรงกลมแบบชั่วในกรณีที่น่าค่าเฉลี่ยของขนาดมาวิเคราะห์การแพร่กระจายจำเพาะ และหมายถึงความยาวของครึ่งแกนหลักและแกนรองเฉลี่ยของอนุภาคฝนทรงกลมแบบชั่วในกรณีวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ผลต่างของการแพร่กระจาย สำหรับค่าร้อยละของขนาดของอนุภาคฝนที่มีขนาดในช่วงที่กำหนดนำมาจาก Laws and Parsons (1943) จะแบ่งช่วงขนาดของอนุภาคฝนใหม่จาก 28 ช่วงเป็น 14 ช่วง เพื่อความสะดวกในการคำนวณความเร็วปลายในการตกของอนุภาคฝนขนาดใด ๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ค่าสภาพยอมประสิทธิผลโดยอาศัยตาราง 2.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณการแพร่กระจายจำเพาะแสดงดังรูป 3.1 ก) และ ข) โดยรูป 3.1 ก) เป็นปริมาณการลดทอนจำเพาะ (specific attenuation) และรูป 3.1 ข) เป็นปริมาณการเลื่อนเฟสจำเพาะ (specific phase shift) สำหรับสัมประสิทธิ์ผลต่างของการแพร่กระจายแสดงในรูปสัมประสิทธิ์ผลต่างของการลดทอน (differential attenuation) ดังรูป 3.2 ก) และสัมประสิทธิ์ผลต่างของการเลื่อนเฟส (differential phase shift) ดังรูป 3.2 ข)

ปริมาณการลดทอนและการเลื่อนเฟสจำเพาะตามรูป 3.1 ก) และ ข) และสัมประสิทธิ์ผลต่างของการลดทอนและการเลื่อนเฟสตามรูป 3.2 ก) และ ข) โดยอาศัยค่าสภาพยอมประสิทธิผลตามสมการ (2.29) และสมการที่เสนอโดย Kharadly และ Choi มีค่าเท่ากัน ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่าสภาพยอมประสิทธิผลตามสมการ (2.29) ในการวิเคราะห์ต่อไปได้

2. อุณหภูมิของน้ำฝน

อุณหภูมิเป็นปัจจัยในการกำหนดค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของน้ำ อุณหภูมิที่ต่างกันของน้ำฝนทำให้เกิดความแตกต่างของสภาพยอมสัมพัทธ์ของน้ำและเป็นเหตุให้ปริมาณการแพร่กระจายจำเพาะและสัมประสิทธิ์ผลต่างของการแพร่กระจายต่างกัน ดังแสดงในรูป 3.3 ก) และ ข) และรูป 3.4 ก) และ ข)

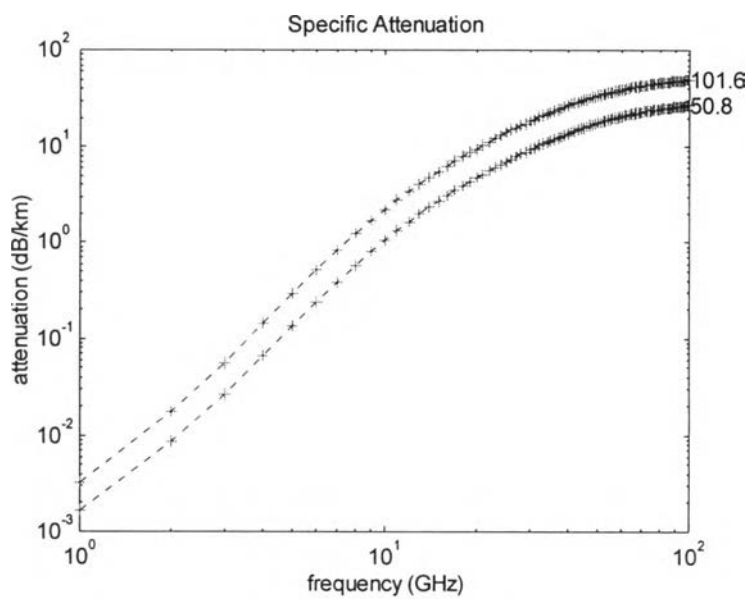
ตามรูป 3.3 ก) ซึ่งแสดงปริมาณการลดทอนจำเพาะที่อุณหภูมิต่างกันเห็นได้ว่า ในช่วงความถี่ต่ำกว่า 10 จิกะเฮิรตซ์การลดทอนจำเพาะที่อุณหภูมิต่ำ (10 องศาเซลเซียส) มีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิสูง (20 องศาเซลเซียส) ขณะที่ในช่วงความถี่สูงผลที่ได้มีลักษณะกลับกัน (สามารถเห็นได้ในกรณีที่ใช้มาตราส่วนในแกน y เป็นแบบเชิงเส้น) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณส่วนจินตภาพของค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของน้ำ สำหรับผลต่างของการลดทอนที่อุณหภูมิต่างกันตามรูป 3.4 ก) ก็ให้ผลในลักษณะเดียวกันนี้

ในส่วนของเฟส จากรูป 3.3 ข) และ 3.4 ข) พบว่าปริมาณการเลื่อนเฟสจำเพาะและสัมประสิทธิ์ผลต่างของการเลื่อนเฟสที่อุณหภูมิต่างกัน มีค่าต่างกันที่ความถี่มากกว่าประมาณ 20 จิกะเฮิรตซ์ขึ้นไปเท่านั้น

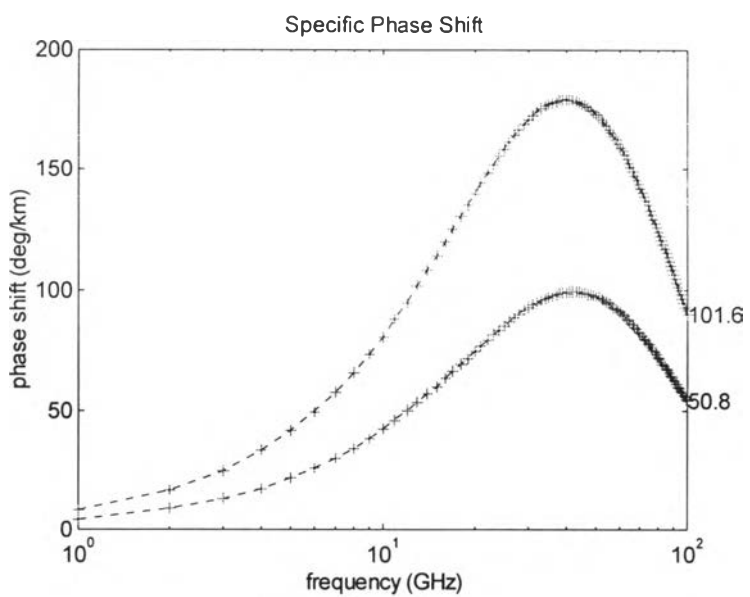
3.รูปแบบของการกระจายขนาด

จากตารางแสดงการกระจายขนาดของอนุภาคฝนที่อัตราการตกต่าง ๆ กันในภาคผนวก ค. แสดงให้เห็นว่าที่อัตราการตกสูงปริมาตรรวมของน้ำฝนและจำนวนอนุภาคฝนที่มีขนาดใหญ่มีมากกว่าที่อัตราการตกต่ำ เป็นสาเหตุให้ที่อัตราการตกสูงมีการลดทอนและการเลื่อนเฟสจำเพาะ และสัมประสิทธิ์ผลต่างของการลดทอนและการเลื่อนเฟสมากกว่าที่อัตราการตกต่ำ ขณะเดียวกันกรณีที่อัตราการตกมีค่าเท่ากันปริมาณเหล่านี้ควรจะเท่ากันด้วยไม่ว่าจะเลือกใช้การกระจายขนาดแบบใด แต่จากการวิเคราะห์การกระจายขนาดและคำนวณปริมาตรรวมของน้ำฝนที่อัตราการตกต่าง ๆ กันพบว่า ที่อัตราการตกใด ๆ จำนวนอนุภาคที่มีขนาดในช่วงที่กำหนดและปริมาตรรวมของน้ำฝนต่อหน่วยปริมาตรมีค่าไม่เท่ากันเมื่อเลือกรูปแบบการกระจายขนาดต่างกัน ผลของรูปแบบการกระจายขนาดที่ต่างกันในที่นี้จะนำเสนอการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างปริมาณการแพร่กระจายจำเพาะและสัมประสิทธิ์ผลต่างของการแพร่กระจายเมื่อใช้การกระจายขนาดแบบ Laws และ Parsons และแบบ Marshall และ Palmer ดังรูป 3.5 ก) และ ข) และรูป 3.6 ก) และ ข)

จากรูปเห็นได้ว่าปริมาณการแพร่กระจายจำเพาะและสัมประสิทธิ์ผลต่างของการแพร่กระจายมีค่าต่างกันเมื่อใช้รูปแบบของการกระจายขนาดที่ต่างกัน ในส่วนของการลดทอนจำเพาะ (รูป 3.5 ก)) และสัมประสิทธิ์ผลต่างของการลดทอน (รูป 3.6 ก)) สามารถอธิบายในเชิงกายภาพได้ว่า ปริมาณการลดทอนจำเพาะและสัมประสิทธิ์ผลต่างของการลดทอนเมื่อใช้รูปแบบการกระจายขนาดของอนุภาคฝนแบบ Laws และ Parsons มีค่ามากกว่าเมื่อใช้รูปแบบการกระจายขนาดแบบ Marshall และ Palmer เนื่องจากขนาดเฉลี่ยของอนุภาคฝนและปริมาตรรวมของน้ำฝนเมื่อการกระจายขนาดเป็นแบบ Laws และ Parsons มีค่ามากกว่าแบบ Marshall และ Palmer



ก) การลดทอนจำเพาะ

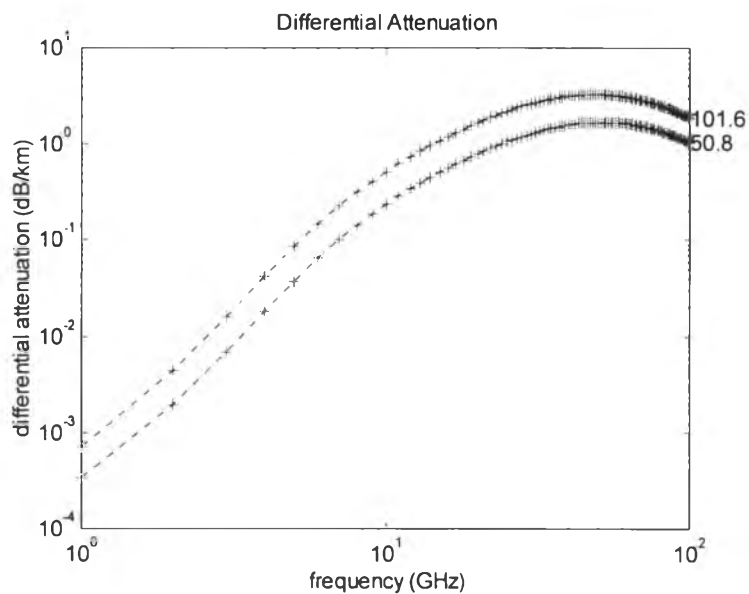


ข) การเลื่อนเฟสจำเพาะ

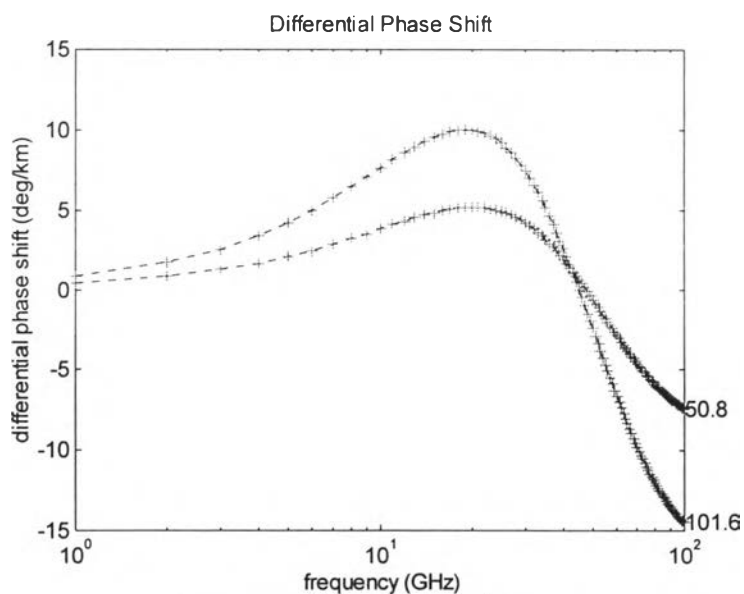
+ ผลการวิเคราะห์โดย Kharadly และ Choi
 -- ผลการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสภาพยอมประสิทธิผลสำหรับการวิเคราะห์ที่ความถี่สูง
 ตัวเลขที่กำกับเส้นกราฟเป็นอัตราการตกของฝนในหน่วยมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

รูป 3.1 การแพร่กระจายจำเพาะ

เปรียบเทียบการใช้ค่าสภาพยอมประสิทธิผลกับการวิเคราะห์โดย Kharadly และ Choi



ก) สัมประสิทธิ์ผลต่างของการลดทอน



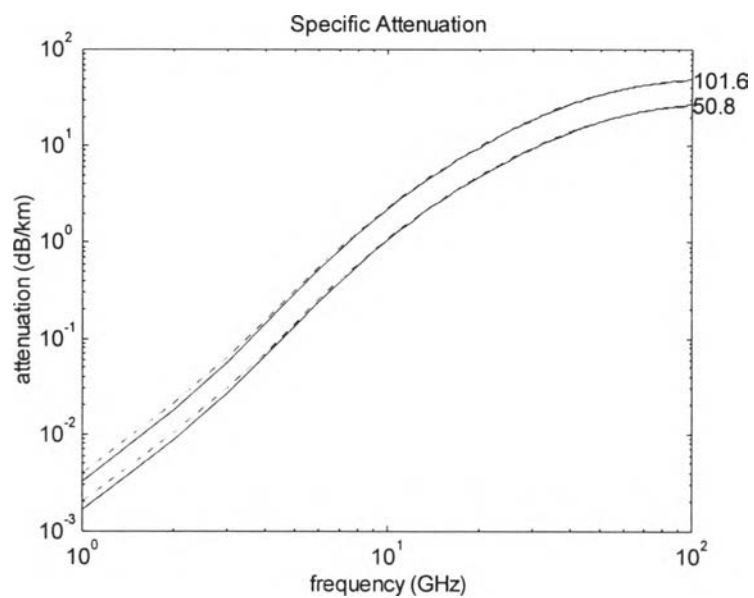
ข) สัมประสิทธิ์ผลต่างของการเลื่อนเฟส

+ ผลการวิเคราะห์โดย Kharadly และ Choi

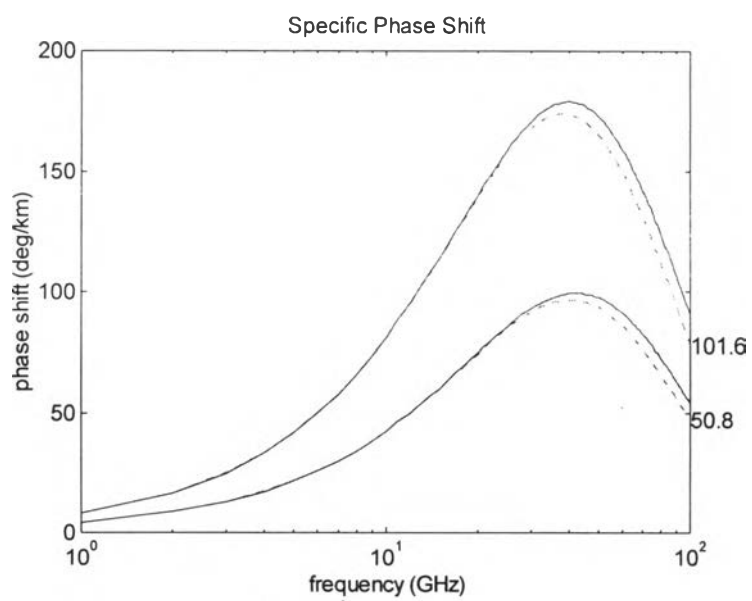
-- ผลการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสภาพยอมประสิทธิผลสำหรับการวิเคราะห์ที่ความถี่สูง
ตัวเลขที่กำกับเส้นกราฟเป็นอัตราการตกของฝนในหน่วยมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

รูป 3.2 สัมประสิทธิ์ผลต่างของการแพร่กระจาย

เปรียบเทียบการใช้ค่าสภาพยอมประสิทธิผลกับการวิเคราะห์โดย Kharadly และ Choi



ก) การลดทอนจำเพาะ



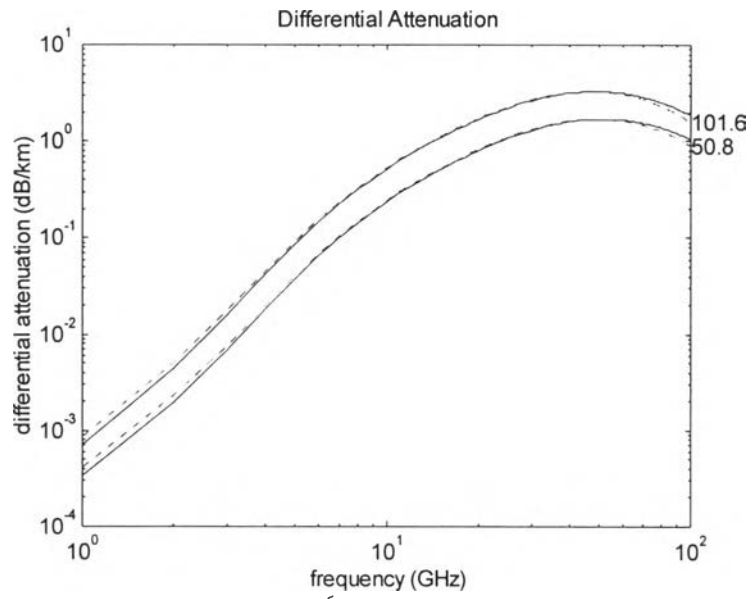
ข) การเลื่อนเฟสจำเพาะ

..... 10 องศาเซลเซียส

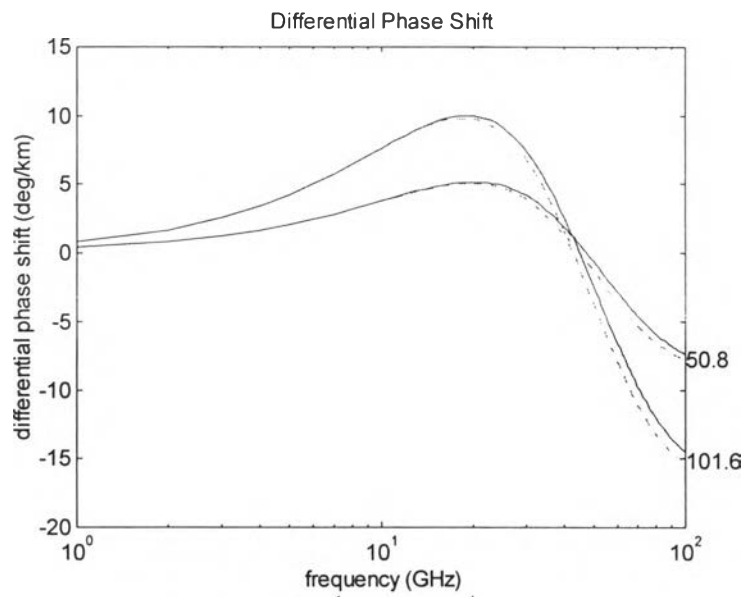
— 20 องศาเซลเซียส

ตัวเลขที่กำกับเส้นกราฟเป็นอัตราการตกของฝนในหน่วยมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

รูป 3.3 การแพร่กระจายจำเพาะที่อุณหภูมิต่างกัน



ก) สัมประสิทธิ์ผลต่างของการลดทอน



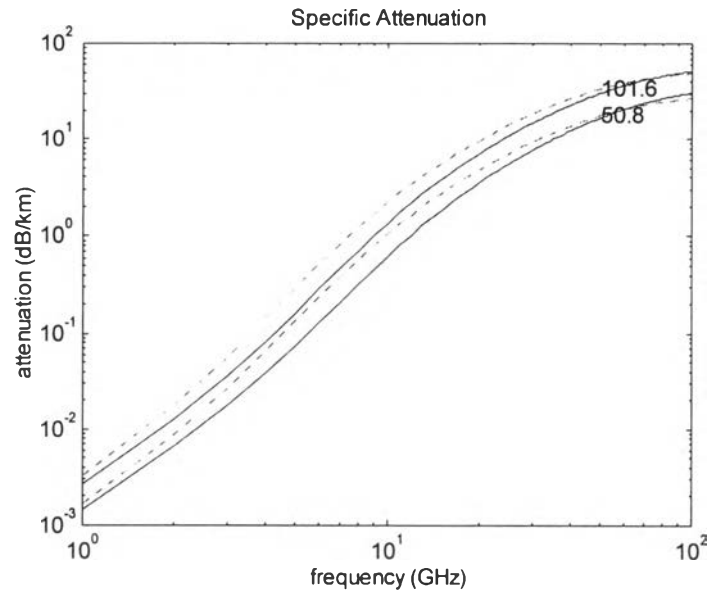
ข) สัมประสิทธิ์ผลต่างของเลื่อนเฟส

..... 10 องศาเซลเซียส

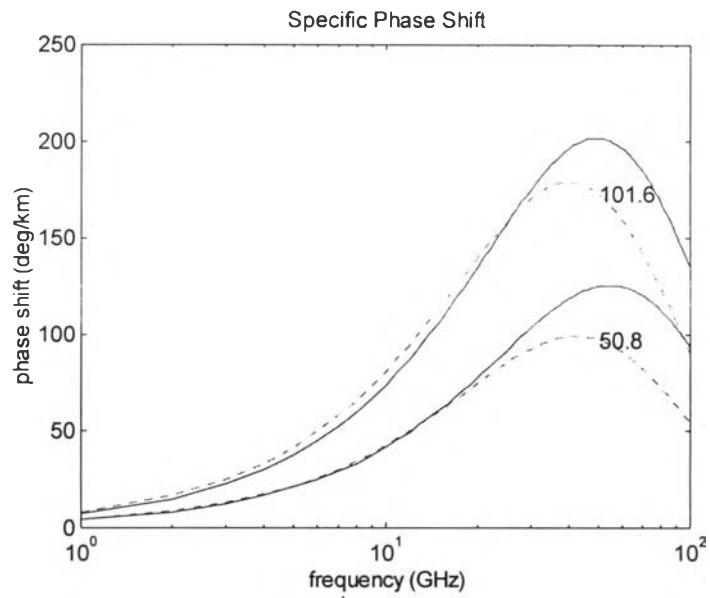
— 20 องศาเซลเซียส

ตัวเลขที่กำกับเส้นกราฟเป็นอัตราการตกของฝนในหน่วยมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

รูป 3.4 สัมประสิทธิ์ผลต่างของการแพร่กระจายที่อุณหภูมิต่างกัน



ก) การลดทอนจำเพาะ



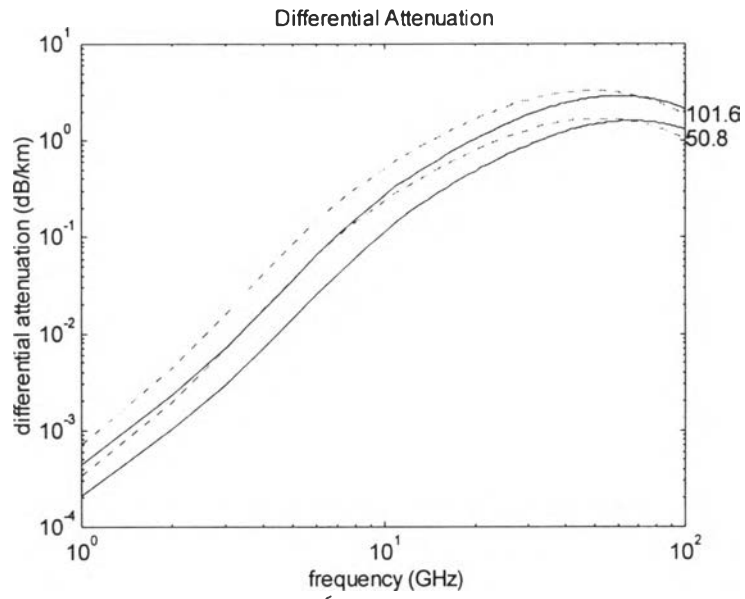
ข) การเลื่อนเฟสจำเพาะ

..... การกระจายขนาดแบบ Laws และ Parsons

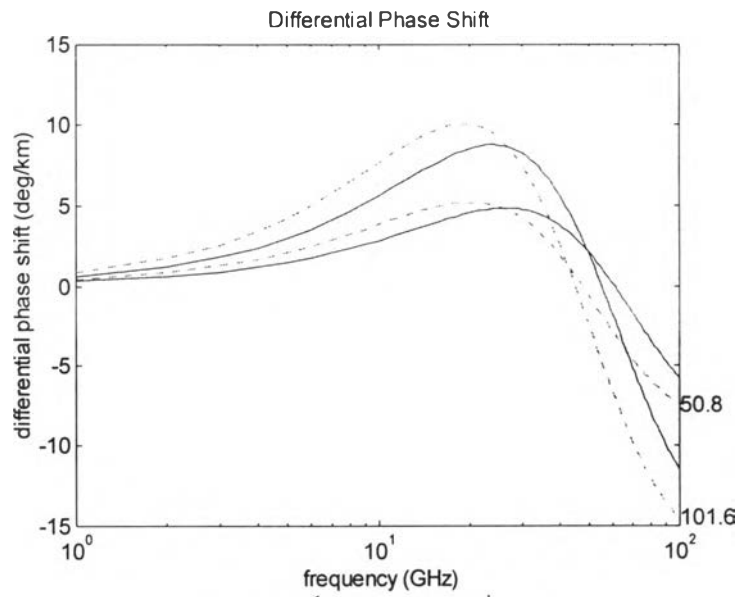
— การกระจายขนาดแบบ Marshall และ Palmer

ตัวเลขที่กำกับเส้นกราฟเป็นอัตราการตกของฝนในหน่วยมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

รูป 3.5 การแพร่กระจายจำเพาะที่รูปแบบการกระจายขนาดต่างกัน



ก) สัมประสิทธิ์ผลต่างของการลดทอน



ข) สัมประสิทธิ์ผลต่างของการเลื่อนเฟส

..... การกระจายขนาดแบบ Laws และ Parsons
 — การกระจายขนาดแบบ Marshall และ Palmer
 ตัวเลขที่กำกับเส้นกราฟเป็นอัตราการตกของฝนในหน่วยมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

รูป 3.6 สัมประสิทธิ์ผลต่างของแพร่กระจายที่รูปแบบการกระจายขนาดต่างกัน

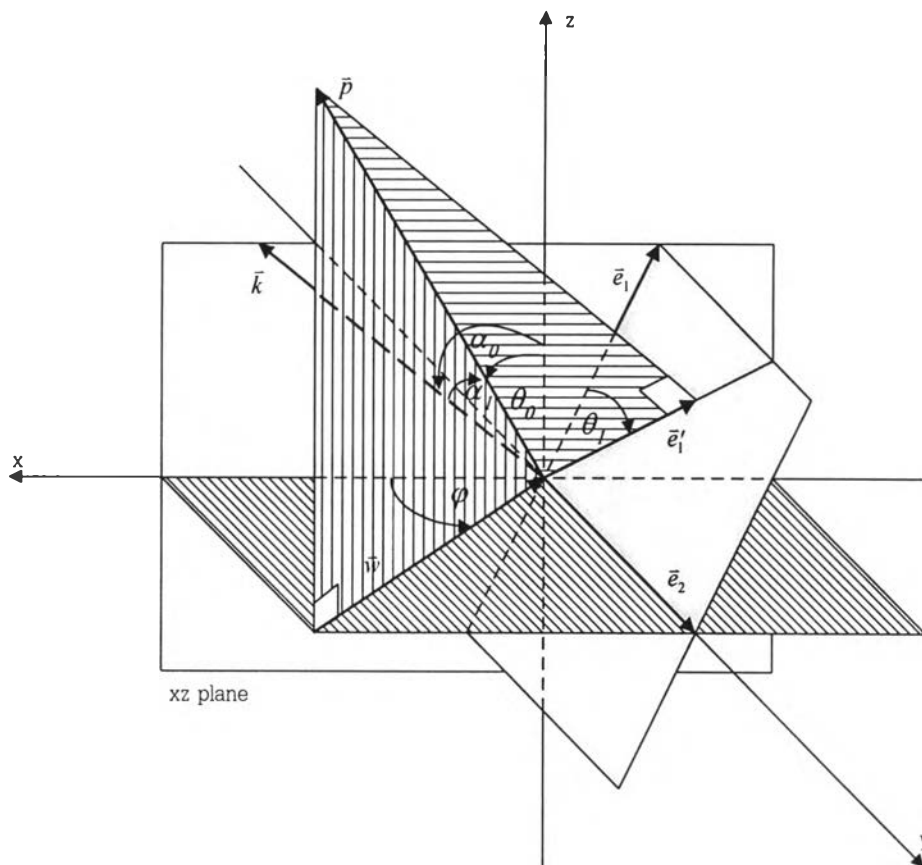
ในการเปรียบเทียบว่าการกระจายขนาดแบบใดให้ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติการแพร่กระจายที่ถูกต้องมากกว่ากันต้องมีข้อมูลลักษณะสมบัติการแพร่กระจายของแต่ละท้องถิ่นด้วย ทำให้ไม่สามารถหาข้อสรุปที่แน่นอนเกี่ยวกับความเหมาะสมในการเลือกรูปแบบการแพร่กระจายได้ เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ในส่วนที่เหลือจะใช้รูปแบบการกระจายขนาดแบบ Marshall และ Palmer เนื่องจากอยู่ในรูปสมการทำให้สามารถกำหนดอัตราการตกของฝนให้เป็นเท่าใดก็ได้ ขณะที่รูปแบบการกระจายขนาดแบบ Laws และ Parsons เป็นข้อมูลในรูปตารางที่แสดงข้อมูลการกระจายขนาดของอนุภาคฝนที่อัตราการตกบางค่าเท่านั้น

แบบจำลองเชิงเรขาคณิต และสมการการส่งผ่าน

ปริมาณการแพร่กระจายจำเพาะและสัมประสิทธิ์ผลต่างของการแพร่กระจายที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา หามาโดยอาศัยค่าสภาพยอมประสิทธิผลเฉลี่ยและผลต่างของค่าสภาพยอมประสิทธิผลในแต่ละแนวแกนหลักของตัวกลางหรือบรรยากาศขณะที่มีฝนตก ปริมาณทั้งสองแสดงลักษณะสมบัติการแพร่กระจายเท่านั้น ไม่ได้บอกข้อมูลใด ๆ เกี่ยวกับปริมาณการเปลี่ยนโพลาไรเซชันของคลื่นระนาบ 2 ช่องสัญญาณที่มีแนวโพลาไรเซชันตั้งฉากกัน สำหรับการหาปริมาณการเปลี่ยนโพลาไรเซชันสิ่งที่จำเป็นต้องทราบเพิ่มเติมนอกเหนือจากค่าสภาพยอมประสิทธิผลในแต่ละแนวแกนหลักแล้วคือความสัมพันธ์ระหว่างแนวโพลาไรเซชันเดิมของคลื่นระนาบและแนวโพลาไรเซชันใหม่ซึ่งตรงกับแนวแกนหลักของตัวกลางในระนาบของแนวโพลาไรเซชันเดิม การหาความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองแนวโพลาไรเซชันนี้ทำโดยอาศัยแบบจำลองเชิงเรขาคณิตที่แสดงเวกเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทิศการแพร่กระจายคลื่นและแนวการวางตัวของอนุภาคฝน แบบจำลองนี้สร้างโดยใช้แบบจำลองรูป 2.14 และสมมติฐานเกี่ยวกับแนวการวางตัวของอนุภาคฝนจากบทที่ 2 เป็นเครื่องมือ จากแบบจำลองทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์แสดงแนวโพลาไรเซชันเดิมและแนวโพลาไรเซชันใหม่ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในสมการการส่งผ่านที่จะกล่าวถึงในส่วนหลังของหัวข้อนี้

1. แบบจำลองเชิงเรขาคณิตแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทิศการแพร่กระจายคลื่นและแนวการวางตัวของอนุภาคฝน

คลื่นระนาบ 2 โพลาไรเซชัน (2 ช่องสัญญาณ) คือโพลาไรเซชันในแนวที่ 1 และในแนวที่ 2 แพร่กระจายไปในบรรยากาศที่มีฝนตก โดยมีทิศการแพร่กระจายแสดงได้ด้วยเวกเตอร์หนึ่งหน่วย (\bar{k}) โดยที่ \bar{k} อยู่บนระนาบ xz ดังแสดงในรูป 3.7 และสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังนี้



รูป 3.7 แบบจำลองเชิงเรขาคณิตแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทิศการแพร่กระจายคลื่นและแนวการวางตัวของอนุภาคฝุ่น

$$\bar{k} = \bar{x}(\sin \alpha_0) + \bar{z}(\cos \alpha_0) \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

ให้ \bar{e}_1 และ \bar{e}_2 เป็นเวกเตอร์หนึ่งหน่วยแสดงแนวโพลาไรเซชันที่ 1 และ 2 ตามลำดับ สามารถเขียน \bar{e}_1 และ \bar{e}_2 ในรูป

$$\bar{e}_1 = \bar{x}(-\cos \alpha_0) + \bar{z}(\sin \alpha_0) \quad \dots\dots\dots (3.2 ก)$$

$$\bar{e}_2 = \bar{y} \quad \dots\dots\dots (3.2 ข)$$

โดยอาศัยสมมติฐานเกี่ยวกับแนวการเคลื่อนที่ของลมและแนวการวางตัวของอนุภาคฝนที่กล่าวไว้ในหัวข้อลักษณะสมบัติทางกายภาพของฝนในบทที่ 2 หน้า 11 และแบบจำลองเชิงเรขาคณิตตามรูป 2.14 เวกเตอร์หนึ่งหน่วยแสดงทิศการเคลื่อนที่ของลม (\bar{w}) วางตัวในระนาบระดับ (ระนาบ xy) เสมอ และความแตกต่างของความเร็วของลมในแนวตั้ง (vertical wind gradient) ทำให้อนุภาคฝนมีแนวการวางตัวทำมุมเอียงเชิงกายภาพ (physical canting angle, θ_0) กับแนวตั้ง โดยแนวการวางตัวของอนุภาคฝนสามารถแทนได้ด้วยเวกเตอร์หนึ่งหน่วย (\bar{p}) ทั้ง \bar{w} และ \bar{p} แทนได้ด้วยสมการ

$$\bar{w} = \bar{x}(-\cos \varphi) + \bar{y}(-\sin \varphi) \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\bar{p} = \bar{x}(\sin \theta_0 \cos \varphi) + \bar{y}(\sin \theta_0 \sin \varphi) + \bar{z} \cos(\theta_0) \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

จากรูป 3.7 เห็นได้ว่า มุมเอียงสัมพัทธ์ (relative canting angle) หรือมุมตกกระทบ (incident angle) ซึ่งเป็นมุมระหว่างเวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่แสดงแนวการวางตัวของอนุภาคฝน \bar{p} และเวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่แสดงทิศการแพร่กระจายคลื่น \bar{k} กำหนดโดย α_1 มีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \cos^{-1}(\bar{p} \cdot \bar{k}) \\ &= \cos^{-1}(\sin \theta_0 \cos \varphi \sin \alpha_0 + \cos \theta_0 \cos \alpha_0) \quad \dots\dots\dots (3.5) \end{aligned}$$

เมื่อพิจารณาคลื่นในทิศการแพร่กระจายทิศเดิม แนวแกนหลักบนระนาบ \bar{e}_1, \bar{e}_2 แทนด้วยเวกเตอร์ \bar{p}_e สามารถทำได้จากโปรเจกชันของ \bar{p} บนระนาบ \bar{e}_1, \bar{e}_2 ดังนี้

$$\begin{aligned} \bar{p}_e &= \bar{p} - (\bar{p} \cdot \bar{k})\bar{k} \\ &= \bar{x}(\sin \theta_0 \cos \varphi) + \bar{y}(\sin \theta_0 \sin \varphi) + \bar{z}(\cos \theta_0) - \cos \alpha_1 [\bar{x}(\sin \alpha_0) + \bar{z}(\cos \alpha_0)] \\ &= \bar{x}(\sin \theta_0 \cos \varphi - \cos \alpha_1 \sin \alpha_0) + \bar{y}(\sin \theta_0 \sin \varphi) + \bar{z}(\cos \theta_0 - \cos \alpha_1 \cos \alpha_0) \quad \dots\dots\dots (3.6) \end{aligned}$$

กำหนดให้ \bar{e}'_1 หรือเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในแนว \bar{p}_e เป็นเวกเตอร์แสดงแนวโพลาริเซชันใหม่ที่ตรงกับแนวแกนหลักบนระนาบ \bar{e}_1, \bar{e}_2 เวกเตอร์ \bar{e}'_1 จะมีค่าดังสมการ

$$\bar{e}'_1 = \frac{\bar{p}_e}{|\bar{p}_e|} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

โดยพิจารณาจากรูป 3.7 $|\bar{p}_e|$ จะมีค่าเท่ากับ $\sin \alpha_1$

กำหนดให้มุมเอียงปรากฏ (apparent canting angle, θ_1) เป็นมุมระหว่างแนวโพลาริเซชันเดิม และแนวโพลาริเซชันที่กำหนดขึ้นมาใหม่ให้ตรงกับแนวแกนหลักบนระนาบ $\vec{e}_1\vec{e}_2$ ดังนั้น

$$\begin{aligned}\cos\theta_1 &= \vec{e}'_1 \cdot \vec{e}_1 = \vec{e}'_2 \cdot \vec{e}_2 \\ &= \frac{(\sin\theta_0 \cos\varphi - \cos\alpha_1 \sin\alpha_0)(-\cos\alpha_0) + (\cos\theta_0 - \cos\alpha_1 \cos\alpha_0)(\sin\alpha_0)}{\sin\alpha_1} \\ &= \frac{-\cos\alpha_0 \sin\theta_0 \cos\varphi + \sin\alpha_0 \cos\theta_0}{\sin\alpha_1} \\ &= \frac{\sin\alpha_0 \cos\theta_0 - \cos\alpha_0 \sin\theta_0 \cos\varphi}{\sin\alpha_1} \cdot \frac{\sin\alpha_0}{\sin\alpha_0} \\ &= \frac{\sin^2\alpha_0 \cos\theta_0 - \sin\alpha_0 \cos\alpha_0 \sin\theta_0 \cos\varphi}{\sin\alpha_0 \sin\alpha_1} \dots\dots\dots (3.8)\end{aligned}$$

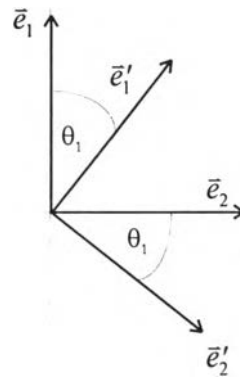
จากสมการ (3.5) $\cos\alpha_1 = \sin\alpha_0 \sin\theta_0 \cos\varphi + \cos\alpha_0 \cos\theta_0$ ทำการคูณ $\cos\alpha_0$ ทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$\begin{aligned}\cos\alpha_0 \cos\alpha_1 &= \sin\alpha_0 \cos\alpha_0 \sin\theta_0 \cos\varphi + \cos^2\alpha_0 \cos\theta_0 \\ \text{ดังนั้น} \\ -\sin\alpha_0 \cos\alpha_0 \sin\theta_0 \cos\varphi &= \cos^2\alpha_0 \cos\theta_0 - \cos\alpha_0 \cos\alpha_1\end{aligned}$$

แทน $-\sin\alpha_0 \cos\alpha_0 \sin\theta_0 \cos\varphi$ จากสมการ (3.11) ลงในสมการ (3.10) ทำให้

$$\begin{aligned}\cos\theta_1 &= \frac{\sin^2\alpha_0 \cos\theta_0 + \cos^2\alpha_0 \cos\theta_0 - \cos\alpha_0 \cos\alpha_1}{\sin\alpha_0 \sin\alpha_1} \\ &= \frac{\cos\theta_0 - \cos\alpha_0 \cos\alpha_1}{\sin\alpha_0 \sin\alpha_1} \dots\dots\dots (3.9)\end{aligned}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโพลาริเซชันเดิม แนวโพลาริเซชันใหม่ซึ่งตรงกับแนวแกนหลักของตัวกลางในระนาบของแนวโพลาริเซชันเดิม แสดงได้ดังรูป 3.8



รูป 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโพลาริเซชันเดิมและแนวโพลาริเซชันใหม่

จากรูป 3.8 สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวโพลาริเซชันเดิมและแนวโพลาริเซชันใหม่ได้ดังนี้

$$[\vec{e}'] = [D][\vec{e}] \quad \dots\dots\dots (3.10)$$

โดยที่

$$[\vec{e}'] = \begin{bmatrix} \vec{e}'_1 \\ \vec{e}'_2 \end{bmatrix}$$

$$[\vec{e}] = \begin{bmatrix} \vec{e}_1 \\ \vec{e}_2 \end{bmatrix}$$

และ $[D]$ คือเมตริกซ์การเปลี่ยนโพลาริเซชัน (depolarization matrix) ซึ่งมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$[D] = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & \sin \theta_1 \\ -\sin \theta_1 & \cos \theta_1 \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโพลาริเซชันเดิมและแนวโพลาริเซชันใหม่ตามสมการ (3.10) และ (3.11) ซึ่งวิเคราะห์จากแบบจำลองเชิงเรขาคณิตตามรูป 3.1 จะนำไปใช้หาลักษณะสมบัติการแพร่กระจายในรูปแบบสมการการส่งผ่าน ดังมีรายละเอียดดังนี้

2. สมการการส่งผ่าน

ในกรณีที่คลื่นโพลาไรซ์คู่แพร่กระจายไปในตัวกลางโดยที่แนวโพลาไรเซชันทั้งสองตรงกับแนวแกนหลักของตัวกลาง คลื่นทั้งสองช่องสัญญาณจะไม่เปลี่ยนโพลาไรเซชัน สมการการส่งผ่านซึ่งแสดงลักษณะสมบัติการแพร่กระจายในกรณีนี้สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} \bar{E}'_1(L) \\ \bar{E}'_2(L) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_1 & 0 \\ 0 & t_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{E}'_1(L=0) \\ \bar{E}'_2(L=0) \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (3.12)$$

โดยที่ $\bar{E}'_1(L)$, $\bar{E}'_2(L)$, t_1 และ t_2 มีค่าดังสมการ

$$\bar{E}'_1(L) = E_1(L)\bar{e}'_1 \quad \dots\dots\dots (3.13 \text{ ก})$$

$$\bar{E}'_2(L) = E_2(L)\bar{e}'_2 \quad \dots\dots\dots (3.13 \text{ ข})$$

$$t_1 = e^{-jk_1 L} \quad \dots\dots\dots (3.13 \text{ ค})$$

$$t_2 = e^{-jk_2 L} \quad \dots\dots\dots (3.13 \text{ ง})$$

และ k_1 และ k_2 เป็นค่าคงตัวการแพร่กระจายในแนวแกนหลัก 1 และ 2 ของตัวกลางในระนาบของแนวโพลาไรเซชันเดิม

สำหรับสมการการส่งผ่านกรณีที่แนวโพลาไรซ์ทั้งสองของคลื่นโพลาไรซ์คู่ไม่ตรงกับแนวแกนหลักของตัวกลางสามารถหาได้โดยอาศัยเมตริกซ์การเปลี่ยนโพลาไรเซชันที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวโพลาไรเซชันทั้งสองคู่ตามสมการ (3.11) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \bar{E}_1(L) \\ \bar{E}_2(L) \end{bmatrix} &= [D]^{-1} \begin{bmatrix} t_1 & 0 \\ 0 & t_2 \end{bmatrix} [D] \begin{bmatrix} \bar{E}_1(L=0) \\ \bar{E}_2(L=0) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{E}_1(L=0) \\ \bar{E}_2(L=0) \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (3.14) \end{aligned}$$

โดยที่ d_{11} , d_{12} , d_{21} และ d_{22} มีค่าดังนี้

$$d_{11} = t_1 \cos^2 \theta_1 + t_2 \sin^2 \theta_1 \quad \dots\dots\dots (3.15 \text{ ก})$$

$$d_{12} = d_{21} = (t_1 - t_2) \cos \theta_1 \sin \theta_1 \quad \dots\dots\dots (3.15 \text{ ข})$$

$$d_{22} = t_1 \sin^2 \theta_1 + t_2 \cos^2 \theta_1 \quad \dots\dots\dots (3.15 \text{ ค})$$

ค่า d_{12} (และ d_{21}) เป็นค่าที่แสดงการเปลี่ยนโพลาริเซชัน ในกรณีที่ค่า d_{12} เท่ากับ 0 หรือ $t_1 = t_2$ เนื่องจากตัวกลางไม่ได้เป็นตัวกลางแอนไอโซทรอปิก ($k_1 = k_2$ ตามสมการ (3.13 ค และ ง)) คลื่นโพลาริซ์คู่ ก็จะไม่มีการเปลี่ยนโพลาริเซชันตลอดการแพร่กระจายในตัวกลาง

ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโพลาริเซชันเดิมและแนวโพลาริเซชันใหม่ที่ได้จะนำไปใช้หาปริมาณการเปลี่ยนโพลาริเซชันเนื่องจากผืนในรูปการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ดังมีรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

ปริมาณการเปลี่ยนโพลาริเซชัน

ในท้ายเชื่อมโยงจริงปริมาณการเปลี่ยนโพลาริเซชันแสดงในรูปการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ซึ่งหาได้โดยอาศัยนิยามการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 และความสัมพันธ์ระหว่างทิศการแพร่กระจายและแนวการวางตัวของอนุภาคผืนหรือมุมเอียงเชิงปรากฏที่ได้จากหัวข้อที่ผ่านมา จากสมการการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ที่ได้ ในตอนท้ายของหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ โดยการแปรค่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณนี้คือ อัตราการตกของผืนและมุมที่เป็นองค์ประกอบของมุมเอียงเชิงปรากฏ การวิเคราะห์ในกรณีที่โพลาริเซชันเป็นแบบเชิงเส้นจะทำทั้ง 2 แนวโพลาริเซชันซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าคลื่นทั้งสองแนวโพลาริเซชันมีลักษณะสมบัติการแพร่กระจายที่ต่างกัน

1. การแยกแยะโพลาริเซชันไขว้

ปริมาณการเปลี่ยนโพลาริเซชันเนื่องจากผืนในรูปการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ตามนิยามที่ได้ให้ไว้ในบทที่ 2 มีค่าดังนี้

$$xpd_1 = \frac{E_{11}}{E_{21}} \quad \dots\dots\dots (3.16 ก)$$

และ

$$xpd_2 = \frac{E_{22}}{E_{12}} \quad \dots\dots\dots (3.16 ข)$$

โดยที่ xpd_1 และ xpd_2 หมายถึงการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้สำหรับช่องสื่อสารที่ 1 และ 2 ตามลำดับ สำหรับ E_{11} , E_{12} , E_{21} และ E_{22} มีความหมายตามที่แสดงในรูป 2.21 และอาศัยสมการการส่งผ่านหรือสมการ (3.14) E_{11} , E_{12} , E_{21} และ E_{22} สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$\bar{E}_{11} = d_{11}\bar{E}_1(L=0) \quad \dots\dots\dots (3.17 \text{ ก})$$

$$\bar{E}_{12} = d_{12}\bar{E}_2(L=0) \quad \dots\dots\dots (3.17 \text{ ข})$$

$$\bar{E}_{21} = d_{21}\bar{E}_1(L=0) \quad \dots\dots\dots (3.17 \text{ ค})$$

$$\bar{E}_{22} = d_{22}\bar{E}_2(L=0) \quad \dots\dots\dots (3.17 \text{ ง})$$

ในกรณีที่ส่งสัญญาณทั้งสองโพลาริเซชันด้วยความแรงเท่ากันหรือ $\bar{E}_1(L=0) = \bar{E}_2(L=0)$ การแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ตามสมการ (3.16 ก) และ (3.16 ข) สามารถเขียนได้เป็น

$$xpd_1 = \frac{d_{11}}{d_{21}} \quad \dots\dots\dots (3.18 \text{ ก})$$

และ

$$xpd_2 = \frac{d_{22}}{d_{12}} \quad \dots\dots\dots (3.18 \text{ ข})$$

ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ในหน่วยเดซิเบลสำหรับทั้ง 2 ช่องสัญญาณสามารถเขียนได้เป็น

$$XPD_1 = 20 \log \left| \frac{d_{11}}{d_{21}} \right| \quad \text{dB} \quad \dots\dots\dots (3.19 \text{ ก})$$

และ

$$XPD_2 = 20 \log \left| \frac{d_{22}}{d_{12}} \right| \quad \text{dB} \quad \dots\dots\dots (3.19 \text{ ข})$$

ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ตามที่ได้แสดงในสมการ (3.18 ก) และ (3.18 ข) ไม่ได้เจาะจงถึงรูปแบบของโพลาริเซชันว่าเป็นแบบเชิงเส้นหรือเป็นแบบวงกลม แต่เนื่องจากการใช้แบบจำลองเชิงเรขาคณิตตามรูป 3.7 เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ ซึ่งแบบจำลองตามรูป 3.7 ใช้คลื่นระนาบโพลาริเซชัน 2 คลื่นที่มีโพลาริเซชันตั้งฉากกันแทนทั้งสองช่องสัญญาณของคลื่นโพลาริเซชันคู่ ทำให้ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ตามสมการ (3.18 ก) และ (3.18 ข) มีความเหมาะสมสำหรับคลื่นที่มีโพลาริเซชันเป็นแบบเชิงเส้นมากกว่าแบบวงกลม สำหรับในกรณีที่อุปกรณ์ทางภาคส่งส่งสัญญาณด้วยคลื่นโพลาริเซชันวงกลม ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้สามารถทำได้โดยขยายผลจากกรณีโพลาริเซชันเป็นแบบเชิงเส้นได้ดังนี้

สมมติให้อุปกรณ์ภาคส่งส่งสัญญาณโพลาริซ์แบบวงกลมเวียนทางขวา ช่องสัญญาณนี้สามารถเขียนในรูปคลื่นโพลาริซ์เชิงเส้น 2 คลื่นที่มีโพลาริเซชันตั้งฉากกันและมีเฟสต่างกันเท่ากับ $\frac{\pi}{2}$ แสดงดังสมการ (3.20) องค์ประกอบของคลื่นทั้งสองโพลาริเซชันเมื่อเดินทางผ่านบรรยากาศขณะที่มีฝนตกจะสามารถเขียนในรูปสมการได้ดังสมการ (3.21)

$$\bar{E}_R(L=0) = \begin{bmatrix} \bar{E}_1(L=0) \\ \bar{E}_2(L=0) \end{bmatrix} = E_0 \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (3.20)$$

$$\begin{bmatrix} \bar{E}_1(L) \\ \bar{E}_2(L) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix} E_0 \quad \dots\dots\dots (3.21)$$

จากสมการ (3.21) เห็นได้ว่าระดับสัญญาณที่มีโพลาริเซชันเป็นแบบวงกลมเวียนทางขวาและวงกลมเวียนทางซ้ายมีค่าดังสมการ (3.22 ก) และ (3.22 ข) ตามลำดับ

$$\begin{aligned} \bar{E}_R(L) &= \bar{E}_1(L) + j\bar{E}_2(L) \\ &= [d_{11} + jd_{12} + j(d_{21} + jd_{22})] E_0 \\ &= [(d_{11} - d_{22}) + j(2d_{12})] E_0 \quad \dots\dots\dots (3.22 \text{ ก}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{E}_I(L) &= \bar{E}_1(L) - j\bar{E}_2(L) \\ &= [d_{11} + jd_{12} - j(d_{21} + jd_{22})] E_0 \\ &= [d_{11} + d_{22}] E_0 \quad \dots\dots\dots (3.22 \text{ ข}) \end{aligned}$$

ดังนั้นการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้สำหรับกรณีนี้จึงมีค่าดังสมการข้างล่างนี้

$$xpd_R = \frac{(d_{11} - d_{22}) + j(2d_{12})}{d_{11} + d_{22}} \quad \dots\dots\dots (3.23)$$

หรือเขียนในหน่วยเดซิเบลได้เท่ากับ

$$XPD_R = 20 \log \left| \frac{(d_{11} - d_{22}) + j(2d_{12})}{d_{11} + d_{22}} \right| \text{ dB} \quad \dots\dots\dots (3.24)$$

สำหรับช่องสัญญาณที่มีโพลาริเซชันเป็นแบบวงกลมเวียนทางซ้าย การหาปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้โดยการวิเคราะห์ในลักษณะเดียวกับคลื่นโพลาริซ์แบบวงกลมเวียนทางขวาพบว่า กรณีที่

พิจารณาเฉพาะขนาดของสัญญาณปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้สำหรับคลื่นโพลาริซ์แบบวงกลมทั้งคู่
มีค่าเท่ากันหรือเขียนเป็นสมการได้เท่ากับ

$$XPD_I = XPD_R \quad \dots\dots\dots (3.25)$$

2. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ในกรณีต่าง ๆ

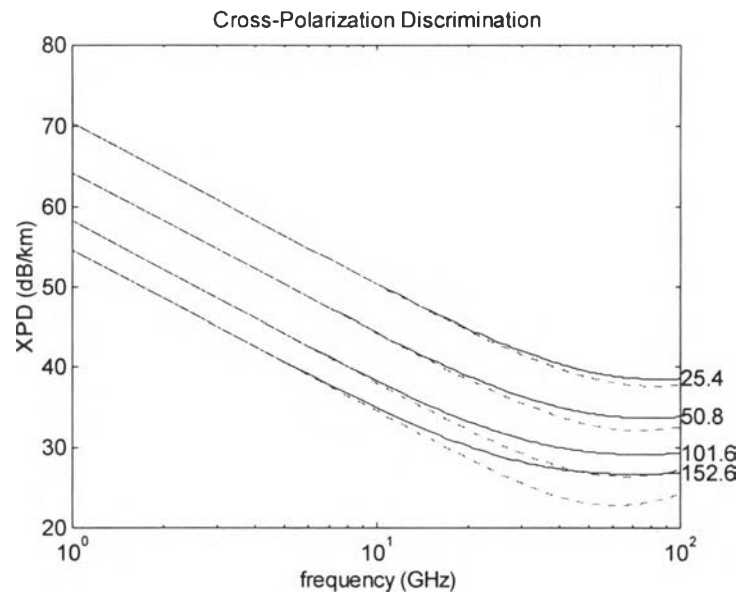
การวิเคราะห์ที่ผ่านมามีทำให้ทราบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนโพลาริเซชันเนื่องจากฝนคือ
ความถี่ อัตราการตก และมุมเอียงปรากฏ การหาปริมาณการเปลี่ยนโพลาริเซชันในหัวข้อนี้จึงทำโดยการแปร
ค่าปัจจัยทั้งสาม ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ที่ความถี่ต่าง ๆ โดยมีอัตราการ
ตกของฝนและมุมที่เป็นองค์ประกอบของมุมเอียงปรากฏเป็นพารามิเตอร์

การวิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ที่มีปริมาณการเปลี่ยนโพลาริเซชันทำโดยแปรค่าพารามิเตอร์ที่จะทำ
การศึกษาคณะที่ให้พารามิเตอร์ค่าอื่นคงที่ โดยพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดให้คงที่มีค่าดังนี้

1. อัตราการตกของฝนที่ 101.6 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง โดยที่การกระจายขนาดของอนุภาคฝนเป็นแบบ
Marshall และ Palmer
2. ทิศของการแพร่กระจายคลื่น α_0 กำหนดที่ 90 องศาซึ่งเป็นทิศที่แนวการเคลื่อนที่ของคลื่นอยู่ใน
แนวระดับหรืออาจเรียกได้ว่าช่วยสื่อสารนี้เป็นขั้วเชื่อมโยงภาคพื้นดิน
3. ทิศการเคลื่อนที่ของลม φ กำหนดให้เท่ากับ 90 องศาซึ่งเป็นแนวที่ลมพัดตั้งฉากกับทิศการแพร่
กระจายคลื่น

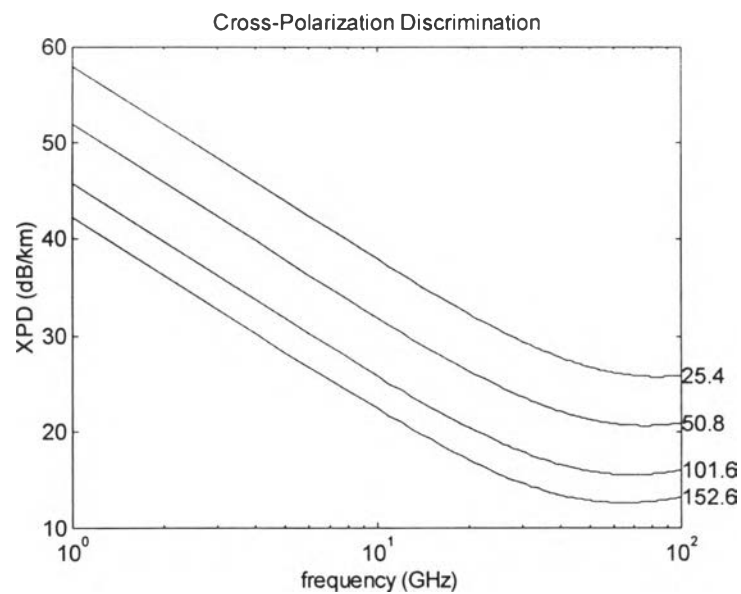
2.1 ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ที่อัตราการตกต่าง ๆ

ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ที่อัตราการตกต่าง ๆ แสดงดังรูป 3.9 และ 3.10 โดยรูป 3.9
แสดงปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ในกรณีที่โพลาริเซชันเป็นแบบเชิงเส้น พิจารณาจากรูปทั้งสองเห็น
ได้ว่าลักษณะโดยทั่วไปเหมือนกัน กล่าวคือ ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้มีค่าลดลงเมื่อความถี่และ
อัตราการตกของฝนมีค่ามากขึ้น และปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้สำหรับคลื่นโพลาริซ์เชิงเส้นมีค่าสูง
กว่าคลื่นโพลาริซ์วงกลม สำหรับกรณีที่โพลาริเซชันเป็นแบบเชิงเส้นพบว่าที่ความถี่ประมาณ 10 จิกะเฮิรตซ์
ขึ้นไป ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้สำหรับโพลาริเซชันในแนวที่ 1 มีค่ามากกว่าในแนวที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานเกี่ยวกับรูปร่าง แนวการวางตัว และลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคฝนหรือกล่าวอีกนัย



โพลาริเซชันแนวที่ 1
 โพลาริเซชันแนวที่ 2
 ตัวเลขที่กำกับเส้นกราฟเป็นอัตราการตกของฝนในหน่วยมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

รูป 3.9 ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้สำหรับคลื่นโพลาริซ์เชิงเส้นที่อัตราการตกต่างกัน



ตัวเลขที่กำกับเส้นกราฟเป็นอัตราการตกของฝนในหน่วยมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

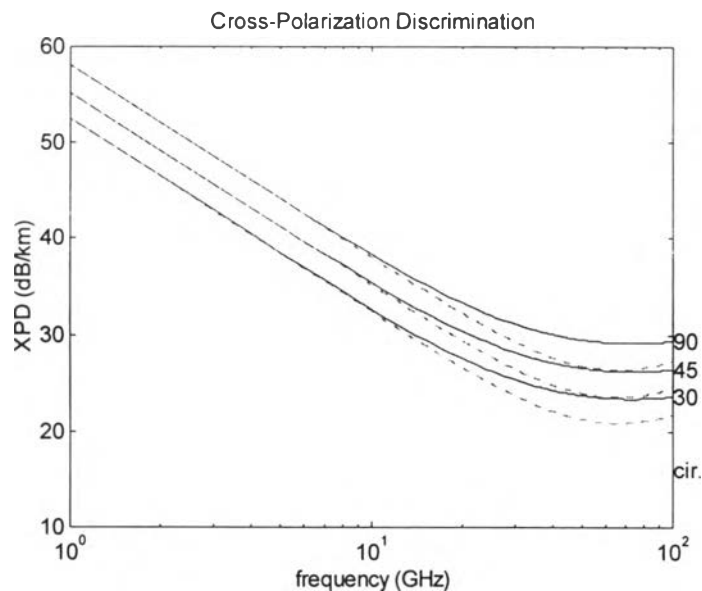
รูป 3.10 ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้สำหรับคลื่นโพลาริซ์วงกลมที่อัตราการตกต่างกัน

หนึ่งได้ว่าคลื่นโพลาไรซ์ในแนวที่ 2 พบปริมาณน้ำมากกว่าคลื่นโพลาไรซ์ในแนวที่ 1 จึงทำให้การลดทอนสูงกว่า และส่งผลให้ปริมาณการแยกแยะโพลาไรเซชันไขว้สำหรับแนวนี้มีค่าน้อยกว่าแนวที่ 1 ด้วย

โดยทั่วไปมุมเอียงเชิงกายภาพของอนุภาคฝนในสภาพบรรยากาศจริงมีค่าไม่สูงมากนัก (น้อยกว่า 10 องศา) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าคลื่นโพลาไรซ์แนวตั้งมีการแยกแยะโพลาไรเซชันไขว้ดีกว่าคลื่นโพลาไรซ์แนวระดับ

2.2 ผลของทิศการแพร่กระจายและทิศการเคลื่อนที่ของลมต่อปริมาณการแยกแยะโพลาไรเซชันไขว้

ในส่วนผลของทิศการแพร่กระจายที่มีต่อปริมาณการแยกแยะโพลาไรเซชันไขว้ (รูป 3.11) พบว่ากรณีที่รับหรือส่งคลื่นในแนวระดับหรือทิศการแพร่กระจายเท่ากับ 90 องศา มีการแยกแยะโพลาไรเซชันดีกว่ากรณีที่ทิศการแพร่กระจายต่ำ ลักษณะเช่นนี้อธิบายได้ว่า การรับส่งคลื่นโพลาไรซ์เชิงเส้นในแนวระดับทำให้มุมเอียงปรากฏมีค่าน้อยที่สุดจึงทำให้การแยกแยะโพลาไรเซชันไขว้มากที่สุดตามไปด้วย สำหรับกรณีที่รับส่งคลื่นโพลาไรซ์แบบวงกลม ปริมาณการแยกแยะโพลาไรเซชันไขว้จะมีค่าน้อยกว่ากรณีที่รับส่งคลื่นโพลาไรซ์แบบเชิงเส้น และจะมีค่าเท่ากันไม่ว่าทิศการแพร่กระจายจะมีค่าเท่าใด ผลในลักษณะเดียวกันนี้เกิดขึ้นกับกรณีการแปรทิศการเคลื่อนที่ของลมด้วย ดังรูป 3.12



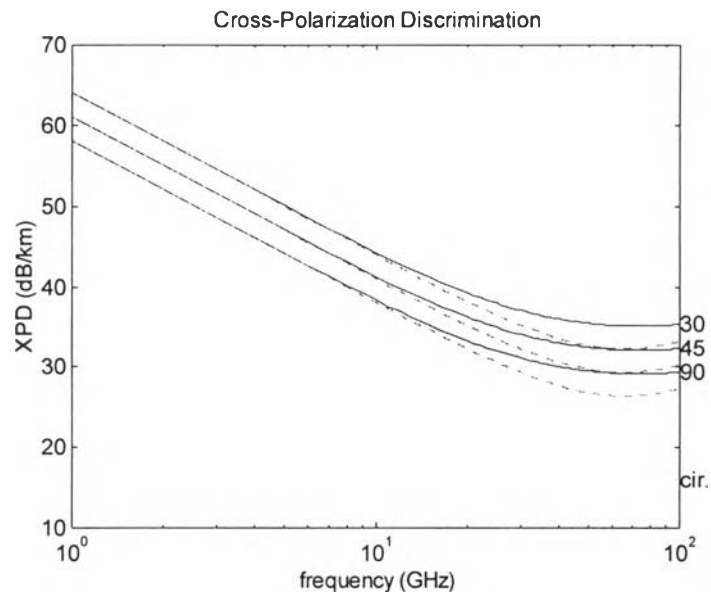
โพลาไรเซชันแนวที่ 1

..... โพลาไรเซชันแนวที่ 2

ตัวเลขที่กำกับเส้นกราฟเป็นทิศการแพร่กระจายกรณีที่คลื่นมีโพลาไรเซชันเป็นแบบเชิงเส้น

สำหรับ cir. หมายถึงกรณีที่คลื่นมีโพลาไรเซชันเป็นแบบวงกลม

รูป 3.11 ปริมาณการแยกแยะโพลาไรเซชันไขว้เมื่อทิศการแพร่กระจายต่างกัน



โพลาริเซชันแนวที่ 1

..... โพลาริเซชันแนวที่ 2

ตัวเลขที่กำกับเส้นกราฟเป็นทิศการเคลื่อนที่ของลมกรณีทีคลื่นมีโพลาริเซชันเป็นแบบเชิงเส้น

สำหรับ cir. หมายถึงกรณีทีคลื่นมีโพลาริเซชันเป็นแบบวงกลม

รูป 3.12 ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้เมื่อทิศการเคลื่อนที่ของลมต่างกัน

ข้อสังเกตประการหนึ่งเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์หาปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้คือที่ความถี่ต่ำ ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันข้ามข้ามมีค่าสูงมากจนอาจไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในชายฝั่งจริง เนื่องจาก ระดับสัญญาณโพลาริเซชันไขว้ของสายอากาศมีค่าไม่ต่ำมากพอที่จะทำให้ปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้มีค่าสูงขนาดนี้ได้ แม้จะทำการตรวจวัดในสภาพบรรยากาศขณะที่ไม่ฝนตกก็ตาม